

火災加熱を受ける木構造部材の力学的性能に関する研究

Mechanical Properties of Timber Structural Members Exposed to Fire

2018 年 2 月

加來 千紘  
Chihiro KAKU



火災加熱を受ける木構造部材の力学的性能に関する研究

Mechanical Properties of Timber Structural Members Exposed to Fire

2018 年 2 月

早稲田大学大学院 創造理工学研究科  
建築学専攻 建築防災研究

加來 千紘  
Chihiro KAKU





# 火災加熱を受ける木構造部材の力学的性能に関する研究

## 目次

### 第1章 序論

1.1 研究背景	p.1
1.2 既往研究	
1.2.1 木材の力学的特性に影響を及ぼす要因	p.4
1.2.2 火災時における木構造部材の力学的性能	p.7
1.2.3 火災後における木構造部材の力学的性能	p.11
1.3 研究目的	p.12
参考文献	

### 第2章 検証方法の検討

2.1 木構造部材の燃焼状態	p.15
2.2 実験方法の構築	p.18
2.3 本論文における統計処理の考え方	p.26
参考文献	

### 第3章 100℃以上における木材の力学的特性

3.1 実験目的	p.29
3.2 実験概要	
3.2.1 試験体の条件	p.30
3.2.2 試験方法	p.31
3.3 実験結果及び考察	
3.3.1 ヤング係数	p.32
3.3.2 曲げ強さ	p.37
3.3.3 荷重-たわみの関係	p.42
3.4 まとめ	p.43
参考文献	

### 第4章 100℃未満における木材の力学的特性

4.1 実験目的	p. 45
4.2 実験概要	
4.2.1 試験体の条件	p.46
4.2.2 試験方法	p.48

#### 4.3 実験結果及び考察

4.3.1 ヤング係数 p.50

4.3.2 曲げ強さ p.57

4.3.3 荷重-たわみの関係 p.65

4.4 まとめ p.68

参考文献

### 第5章 加熱冷却後における木材の力学的特性

5.1 実験目的 p.71

#### 5.2 実験概要

5.2.1 試験体の条件 p.72

5.2.2 試験方法 p.73

#### 5.3 実験結果及び考察

5.3.1 ヤング係数 p.75

5.3.2 曲げ強さ p.80

5.3.3 荷重-たわみの関係 p.85

5.4 まとめ p.86

参考文献

### 第6章 非破壊測定可能な物性による曲げ強さの予測可能性の検討

6.1 ヤング係数と曲げ強さ p.90

6.2 密度と曲げ強さ p.106

6.3 まとめ p.122

参考文献

### 第7章 総括と今後の展望

7.1 総括 p.125

#### 7.2 今後の展望

7.2.1 火災加熱を受ける木構造部材の力学的性能の予測・評価手法における課題整理 p.128

7.2.2 火災後における木構造部材の継続的使用の可能性 p.131

参考文献

謝辞

巻末資料

研究業績書





## 第1章 序論

### 1.1 研究背景

日本では、古来より建築物の構造材や仕上げ材に木材が用いられ、寺社建築や天守など、歴史的な中・大規模木造建築物が多数現存している。しかし、災害や戦争による大火の経験により、都市部の建築物や中・大規模建築物は不燃化が求められ、1950年の建築基準法制定時には、木造は主に防火構造（準防火地域の2階建てまで）を対象とし、長らく木造による中・大規模木造建築物の設計手法は限られていた。その後、研究や技術開発の進歩に伴い、1987年に燃えしろ設計が、1992年に準耐火建築物の概念が導入され、中・大規模建築物を木造により設計できる手法が整備され始めた。特に2000年以降は、森林資源の管理や低炭素化等の様々な方面の観点から、中・大規模建築への木造活用に向けた法整備や行政的施策、技術開発が大きく進められ、2017年現在では、耐火建築物（1時間および2時間耐火構造）、準耐火建築物、その他建築物の全てにおいて木構造による設計が可能である。そのため、今日では、全国各地に新旧の中・大規模木造建築物が存在する（写真1.1-1）。

主要構造部に木材を用いた耐火構造および準耐火構造の代表的な部材構成の例を図1.1-1に示す。耐火建築物は、建築基準法第2条第九の2号に規定されており、火災時の消防活動の有無に係らず、所定の火災時間終了後も建物が倒壊しない性能を有する建築物であり、主要構造部（壁・柱・床・はり・屋根・階段）を耐火構造とする仕様設計（ルートA）もしくは耐火性能検証法による性能設計（ルートBまたはC）のいずれかの手法により設計される。このうち、主要構造部に木材を用いた耐火構造は大きく2つに分類でき、不燃材料で木構造部材を被覆する①被覆型と、木をあらわしにしながら燃焼をコントロールし自消する②燃え止まり型がある。また②燃え止まり型の場合、部材の内部に不燃材による燃止層を設けることで自消させる方法と、荷重支持部材を鉄骨にし、材料の熱容量の差を利用することで木部の燃焼を自消させる方法がある。①被覆型は、主要構造部のうち、



写真 1.1-1 日本の中・大規模木造建築物の例

外壁および間仕切壁は 2000 年に国土交通省告示に位置づけられており、他の主要構造部については、2016 年度の基準整備促進事業での検討を経て、告示化の見通しが得られている。また 2006 年頃より、各協会団体や民間企業においても、国土交通大臣認定仕様（以下、大臣認定）の取得・普及が進み、これまでに軸組工法や 2×4 工法により約 5,000 棟の実績があり、例えば、写真 1.1-1（下段・左）の高知県自治会館は、被覆型の耐火構造部材が用いられた事例である。一方、②燃え止まり型は、2004 年頃より民間企業や協会団体により大臣認定が取得され、柱やはりを燃え止まり型とした建物が実現され始めている。

また準耐火建築物は、建築基準法第 2 条第九の 3 号に規定されており、火災時の消防活動の有無に係らず、所定の火災時間終了まで建物が倒壊しない性能を有する建築物である。準耐火建築物には、主要構造部を準耐火構造とするイ準耐火建築物もしくは同等の準耐火性能を有する構造（ロ準耐火建築物一号または二号）の三種類の設計手法がある。このうち、ロ準耐火建築物一号は、外壁を耐火構造とすることが、ロ準耐火建築物二号では、主要構造部を不燃材料等で作ることが求められるため、木構造部材をあらわしとする場合には、イ準耐火建築物で設計することが一般的である。準耐火構造は、木あらわしの有無を要点として大きくふたつに分類でき、不燃材料で木構造部材を被覆する①被覆型と、木構造部材をあらわして準耐火性能を確保する②燃えしろ設計があり、いずれも国土交通省告示に位置づけられている。写真 1.1-1（下段・右）の国際教養大学の図書館は、燃えしろ設計の事例のひとつである。なお、②燃えしろ設計は、告示（昭和 62 年建設省告示第 1902 号、平成 12 年建設省告示第 1358 号等）で定められた燃えしろ寸法を用いて、短期荷重支持部と燃えしろを一体断面として考えることが一般的であるが、一体断面と同等の準耐火性能が確保できる場合には、複数の部材断面による合わせ部材の設計も可能である。

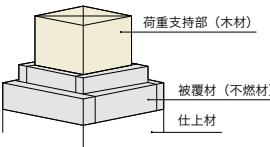
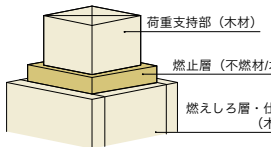
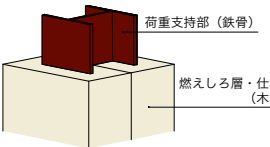
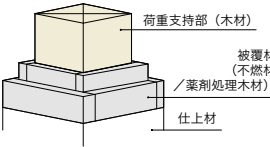
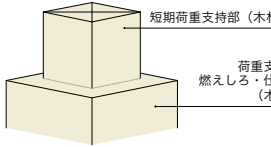
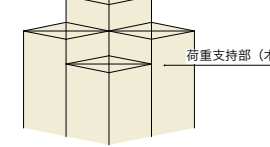
耐火構造		
被覆型	燃え止まり型	
	不燃層	鉄骨内蔵
 <p>荷重支持部（木材） 被覆材（不燃材） 仕上材 荷重支持部：（製材）、集成材、LVL、CLT</p>	 <p>荷重支持部（木材） 燃え止層（不燃材/木材） 燃えしろ層・仕上材（木材） 荷重支持部：（製材）、集成材、LVL、CLT</p>	 <p>荷重支持部（鉄骨） 燃えしろ層・仕上材（木材） 荷重支持部：鉄骨</p>
準耐火構造		
被覆型	燃えしろ設計	
	一体部材	合わせ部材（軸組）
 <p>荷重支持部（木材） 被覆材（不燃材／薬剤処理木材） 仕上材 荷重支持部：製材、集成材、LVL、CLT</p>	 <p>短期荷重支持部（木材） 荷重支持部 燃えしろ層・仕上材（木材） 荷重支持部：製材、集成材、LVL、CLT</p>	 <p>荷重支持部（木材） 荷重支持部：製材、集成材、LVL</p>

図1.1-1 木造の耐火構造および準耐火構造の部材構成の例

一方、日本では毎年約 25,000 件前後の建物火災が発生し、そのうち構造種別ごとの火災件数は、耐火造および準耐火造とされる建物が全体の約 40%を占める（表 1.1-1）。また、これら建物火災における火災発生原因は、放火や放火の疑いが大半を占める<sup>2)</sup> ため、火災発生リスクは建物の構造種別によらず、中・大規模木造建築物のさらなる普及においては、従来の技術開発に加え、火災時の木構造部材の力学的性能の変化を解明し、鉄筋コンクリート造（以下、RC 造）や鉄骨造（以下、S 造）と同様に、火災安全に関する予測・評価手法を確立することが求められる。

また、2015 年に日本で発生した建物火災（22,197 件）では、全建物火災件数の約半数（10,937 件）の火災において放水を伴う消火活動が行われており、このうち消防機関が火災を覚知してから 10 分以内に放水を開始した件数はおよそ 50%（6,002 件）と報告されている<sup>2)</sup>。加えて、同年の火災覚知から 30 分以内に放水・鎮火に至った建物火災では、火災 1 件あたりの焼損床面積は約 27 m<sup>2</sup>以下に留まっている（図 1.1-2）。そのため、中・大規模建築物でこのような規模の火災が発生した場合には、部分的な損傷（部分焼やぼや）に留まり、火災後も建物が継続的に使用される可能性が高いと考えられ、RC 造および S 造の主要構造部材に関しては、日本建築学会により、火害診断および補修・補強方法の指針がまとめられる<sup>3)</sup>など、火災後の建物を継続的に使用するための評価手法が模索されている。しかし、木造の主要構造部については、中・大規模木造建築物の普及が近年のことであり、火災後の評価方法については、ほとんど検討されていない。

表 1.1-1 火元建物の構造別損害状況（平成 28 年度版消防白書<sup>2)</sup> より抜粋）

火災件数						
構造種別			2011年	2012年	2013年	2014年
耐火造			7,023	6,901	6,688	6,465
準耐火造	非木造		2,972	2,769	2,797	2,621
	木造		388	342	352	297
防火造			2,635	2,502	2,317	2,121
木造			11,339	10,651	10,353	9,765
その他・不明			2,438	2,418	2,546	2,372
合計			26,795	25,583	25,053	23,641

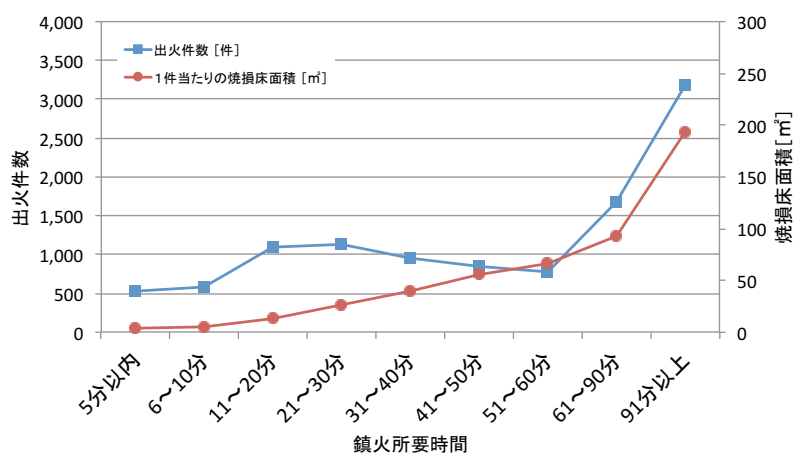


図 1.1-2 建物火災の鎮火所要時間別件数と 1 件あたりの焼損面積（平成 28 年度版消防白書<sup>2)</sup> より抜粋）

## 1.2 既往研究

### 1.2.1 木材の力学的特性に影響を及ぼす要因

木材の力学的特性は、樹種や密度等の材質に加え、含水率と温度のふたつの物理的要因により大きく影響を受ける。また、含水率と温度は、その作用において互いに影響することが、渡辺や岡野・祖父江らによって報告されている<sup>4)~7)</sup>等。本節では、これら物理的要因による木材の力学的特性への影響について整理する。

#### (1) 含水率

木材の内部に存在する水分は、細胞壁内の水分子である「結合水」と細胞内こう（空隙）に存在する液体の「自由水」とがあり、主に下記4つの状態に分類される<sup>5)</sup>。また、これらの含有量は、下式（1.2-1）にて含水率として算定される<sup>4)~6)</sup>等。この算定手法は、一般に全乾法と呼ばれ、 $m_w$  は含水率を求める木材の重量、 $m_0$  は同一木材を 100℃～105℃で乾燥させた重量である。

**全乾状態** : 木材の密度に対し、水分が占める割合がほぼゼロとなる状態

**気乾状態** : 大気のと湿度に対し含有水分が平衡となる状態

（この状態の含水率を平衡含水率といい、一般に 15%程度とされる）

**繊維飽和状態** : 木材内の繊維壁が結合水で飽和される状態

（この状態の含水率を繊維飽和点といい、一般に 28%～30%とされる）

**飽水状態** : 結合水及び自由水により木材の細胞壁及び内こう（空隙）が飽和される状態

$$\text{含水率 } W [\%] = \frac{m_w - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1.2-1)$$

$m_w$  : 含水率  $W$  の時の重量 [g] ,  $m_0$  : 全乾時の重量 [g]

これら木材の含水率は、主として結合水の含有量の変化に伴い、通常の気温下の状態（以下、常温時）における木材のヤング係数や曲げ強度等の力学的特性が変化することが報告がされている<sup>4)~6)</sup>等。

ヤング係数（繊維方向）と含水率の関係については、下式（1.2-2）および（1.2-3）にて算定される<sup>4)</sup>。（1.2-3）式は、（1.2-2）式において、含水率 1%の増減に伴うヤング係数  $E$  の増減を 0.02 とし、含水率 8%～25%を適用範囲とした式である。なお、木材は異方性をもつ材料であるため、ヤング係数においては、繊維方向と繊維に対し直角な方向（接線方向や半径方向）で異なる値となるが、いずれのヤング係数も繊維飽和点に達しない含水率 30%未満の範囲においては、含水率の増加に伴い、ヤング係数が直線的に低下する傾向にあることが報告されている<sup>4)</sup>。



$$\text{ヤング係数 } E_u \text{ [kg/cm}^2\text{]} = E_0 \cdot e^{-a \cdot u} = E_0 \left\{ 1 - a \cdot u + \frac{1}{2}(a \cdot u)^2 - \frac{1}{6}(a \cdot u)^3 + \dots \right\} \quad (1.2-2)$$

$E_u$  : 含水率  $u$  の時の木材のヤング係数 [kg/cm<sup>2</sup>] ,  $E_0$  : 全乾材のヤング係数 [kg/cm<sup>2</sup>]

$u$  : 木材の含水率 [g/g] ,  $a$  : 定数

$$\text{ヤング係数 } E_2 \text{ [kg/cm}^2\text{]} = E_1 \{ 1 - 0.02(u_2 - u_1) \} \quad (8 < u < 25\%) \quad (1.2-3)$$

$E_2$  : 含水率  $u_2$  の時の木材のヤング係数 [kg/cm<sup>2</sup>] ,  $E_1$  : 含水率  $u_1$  の時の木材のヤング係数 [kg/cm<sup>2</sup>]

$u$  : 木材の含水率 [g/g]

また、曲げ強度や曲げ強さについても、常温時では繊維飽和点以下においては、含水率の増加に伴い曲げ強度が低下することが報告されている<sup>4)~6)</sup>等。例えば、マツやブナなど、含水率と曲げ強度に直線的な関係が証明されている樹種においては、下式(1.2-4)により両者の関係が算定される<sup>4)</sup>。なお、定数  $b$  は一般に  $b=42$  と近似されるが、樹種ごとに適当な値が存在する。

$$\frac{\sigma_{b1}}{\sigma_{b2}} = \frac{b-u_2}{b-u_1} \quad (1.2-4)$$

$\sigma_{b1}$  : 含水率  $u_1$  の時の木材の曲げ強度 [kg/cm<sup>2</sup>] ,  $\sigma_{b2}$  : 含水率  $u_2$  の時の木材の曲げ強度 [kg/cm<sup>2</sup>]

$u$  : 木材の含水率 [g/g] ,  $b$  : 定数=42

これらの含水率の影響が、温度に係らず不変でない限り、木材の温度に対する力学的特性の低下率は、含水状態により異なり、全乾状態を主な対象とする既往研究とは異なると考えられる。一方で、木材内部の水分は、加熱を受けた場合に内部に水蒸気圧分布が生じ低温側へと移動することが、FREDLUND や鈴木らによって報告されている<sup>8),9)</sup>。例えば、コーンカロリーメータ試験による検証では、初期含水率 15%程度のスギおよびケヤキの試験体で、加熱強度 20kW/m<sup>2</sup> に対し、スギで最大 31.7%、ケヤキで最大 79.8%に含水率が上昇したとされる<sup>9)</sup>。火災加熱時に荷重を支持し続けることが期待されるのは、比較的低温の部分であるが、その低温部において、このように含水率が上昇して木構造部材の力学的特性が低下すれば、非損傷性を低下させる危険性がある。しかし、木材の力学的特性に対する含水率の影響は、これまで常温では品質管理への関心から研究されてきたが、昇温下での影響の程度に関する研究はほとんど行われておらず、火災加熱による部材の温度上昇下における含水率依存性を把握する必要性は大きい。

## (2) 温度

木材は、材の温度が上昇することで主要な成分である多糖類（セルロースとヘミセルロース）やリグニンが軟化・熱分解し、力学的特性の低下へ影響を及ぼす。昇温下における

木材の力学的特性の変化については、上杉や中村らによって実測例が報告されており、いずれも温度上昇に伴い、ヤング係数や曲げ強度が低下することを示している<sup>10)~13)</sup>等。また、 $-200^{\circ}\text{C}\sim 180^{\circ}\text{C}$ の温度範囲における木材のヤング係数と強度の関係は、下式(1.2-5)により近似される<sup>6)</sup>。

$$F_2 \text{ (または } E_2) = F_1 \text{ (または } E_1) \{1 - c(T_2 - T_1)\} \quad (1.2-5)$$

$F_2, F_1, E_2, E_1$ : 温度  $T_2$  または  $T_1$  の時の強度またはヤング係数,  $c$ : 温度係数

これら温度の影響は、繊維飽和点以下においては水分が可塑剤として作用するため、含水率が高いほど軟化温度が低くなる傾向にあるとされる<sup>14)</sup>。また、木材の熱分解は $180^{\circ}\text{C}$ 以上で最盛期を迎える<sup>15)</sup>ため、 $180^{\circ}\text{C}$ 以上では、木材の力学的特性がより低下することが予想される。中・大断面の木構造部材が火災加熱を受けた場合、部材内部では、木材の炭化温度とされる $260^{\circ}\text{C}$ 以下において温度分布が生じているが、これらの温度範囲を前提とした木材の力学的特性の温度依存性については、系統的に把握されていない。

### 1.2.2 火災時における木構造部材の力学的性能

これまで、火災時の木構造部材の力学的性能については、安井や清水らによって、既往の文献や部材実験等に基づき、所定の火災加熱時間後の部材断面内の温度分布を整理され、木材の温度依存性を反映させることで、木構造部材（柱、はり）の力学的性能を予測する手法（以下、非損傷性予測手法）が報告されている<sup>13),16)~19)</sup>。これら非損傷性予測手法の概要は、下記の通りである。

#### 木造軸組部材の火災時の非損傷性予測手法<sup>13),16)~19)</sup>

火災時の木造軸組部材（柱、はり）の非損傷性は、部材の形状や壁・床との納まり、通し貫等の欠損の有無等、様々な要因の影響を受ける。そのため、正確な非損傷性の把握するためには、実大試験体による载荷加熱実験が必要になる。しかしこれらの実験・検証には多額の費用と時間を要するため、実験によらずに部材の非損傷性を予測・評価できるようにすることが望まれた。そこで、安井や保川らは、針葉樹製材の真壁柱<sup>16)</sup>や針葉樹材の集成材はり（準耐火構造）<sup>18)</sup>、広葉樹製材の独立柱およびはり（準耐火構造）<sup>13),19)</sup>の载荷加熱実験等を実施し、火災時の非損傷性予測手法を誘導した。

これらの非損傷性予測手法では、炭化速度や内部温度分布、ヤング率の低下を既往研究および検証実験等に基づき整理した上で、下記 5 つの手順により火災時の部材の断面形状を検討し、破壊荷重が算定される。

- ① 炭化による部材の断面欠損
- ② 部材内部の温度分布と温度上昇に伴うヤング係数の低下
- ③ ②ヤング係数の低下を断面積の減少へ置換
- ④ ①および③による仮定断面の決定（断面二次モーメントの算定）
- ⑤ 破壊荷重の算定（柱：座屈荷重、はり：基準強度に基づく破壊時の曲げ強度）

#### ①炭化により部材の断面欠損

炭化速度に加熱時間を乗じて炭化深さを算定し、炭化による部材の断面欠損が決定される。炭化速度は、針葉樹材では 0.6 [mm/分]、広葉樹材では 0.8 [mm/分] と設定される。

#### ②部材の内部温度分布と温度上昇に伴うヤング係数の低下

加熱終了時の内部温度は、炭化層端より 10mm ごとに 300℃、200℃、80℃、50℃以下と近似され、これら内部温度ごとにヤング係数の低下が仮定される（図 1.2-1）。ヤング係数の低下の仮定は、既往の集成材柱（針葉樹材）の加熱実験<sup>12)</sup>や針葉樹材の材料実験<sup>10)</sup>等に基づき設定されている。

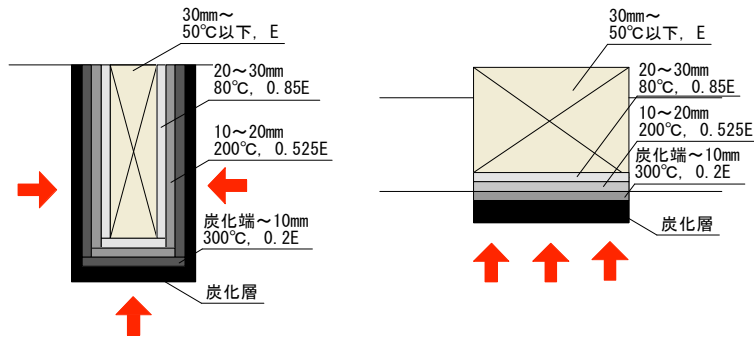


図1.2-1 内部温度分布とヤング係数の低下  
(左：はり断面、右：柱断面)

### ③ヤング係数の低下を断面積の減少へ置換

柱は下式 (1.2-6) のオイラーの座屈荷重式に基づき、②で仮定したヤング係数の低下を示す定数が断面積の減少へと置換される (下式 (1.2-7) 及び (1.2-8))。

$$P_k = k^2 \left( \frac{\pi^2 EI}{l^2} \right) \quad (1.2-6)$$

$P_k$ : 座屈荷重 [N],  $k$ : 端条件係数

$E$ : ヤング係数 [N/mm<sup>2</sup>],  $I$ : 断面二次モーメント [mm<sup>4</sup>],

$l$ : 柱長さ [mm]

長方形の断面二次モーメント  $I$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

例えば、図 1.2-1 における炭化端～10mm の 300℃の部位においては、下式 (1.2-7) 及び (1.2-8) のように置換される。

$$P_k = k^2 \left( \frac{\pi^2 EI}{l^2} \right) = k^2 \left( \frac{\pi^2}{l^2} \times E \times \frac{bh^3}{12} \right) = k^2 \left( \frac{\pi^2}{l^2} \times E \times b \frac{h^3}{12} \right) \quad (1.2-7)$$

$$P_k = k^2 \left( \frac{\pi^2}{l^2} \times 0.2E \times b \frac{h^3}{12} \right) = k^2 \left( \frac{\pi^2}{l^2} \times E \times 0.2b \frac{h^3}{12} \right) \quad (1.2-8)$$

また、はりについては、下式 (1.2-9) の等分布荷重がかかる部材のたわみの算定式により、柱と同様に②で仮定したヤング係数の低下を示す定数が断面積の減少へ置換される。

$$\sigma_{max} = \frac{5WL^4}{384EI} \quad (1.2-9)$$

$w$ : 等分布荷重 [tf/cm],  $L$ : 支持スパン [cm]

$E$ : ヤング係数 [tf/cm<sup>2</sup>],  $I$ : 断面二次モーメント [cm<sup>4</sup>]

### ④①および③による仮定断面の決定 (断面二次モーメントの算定)

①の炭化による断面欠損および③の断面積の減少により、健全部の仮定断面を決定し、断面二次モーメントが算定される (図 1.2-2)。

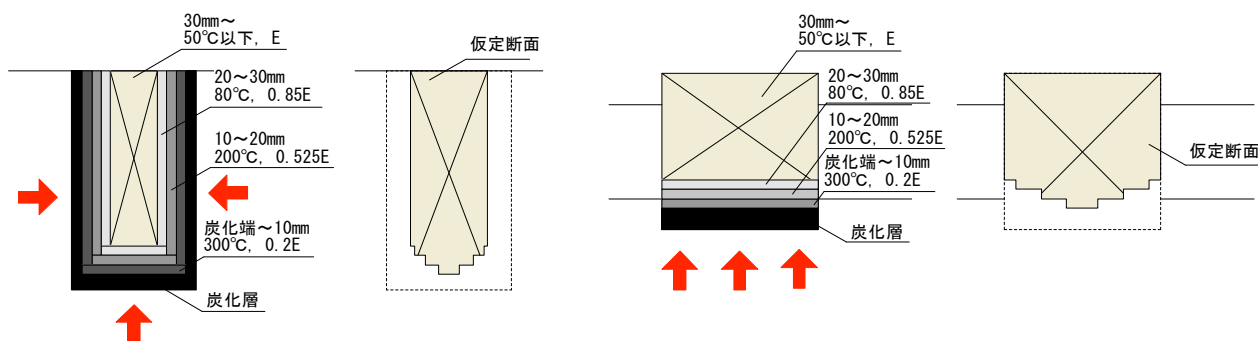


図1.2-2 仮定断面の決定  
(左：はり断面、右：柱断面)

##### ⑤破壊荷重の算定（柱：座屈荷重、はり：基準強度に基づく破壊時の曲げ強度）

柱の場合、火災時は座屈変形による崩壊が支配的であり、オイラーの座屈荷重式(1.2-6)により破壊荷重が算定される。またはりの場合は、たわみ量の限界に到達するより先に曲げ破壊により非損傷性が失われることが考えられ、破壊時の曲げ強度の算定が求められる。

柱については、片面加熱（偏心あり）および両面加熱（偏心なし）ごとに、既往研究により端末条件係数を設定した下式(1.2-10)～(1.2-13)が適用され、50%および90%の表記は、端末条件係数を設定するにあたり、既往の実験結果において平均値を適用したものと10%下限値としたものとされる。

[片面加熱（偏心あり）の場合]

$$50\%P_k = (0.85)^2 \left( \frac{\pi^2 EI}{l^2} \right) \quad (1.2-10) \quad 90\%P_k = (0.76)^2 \left( \frac{\pi^2 EI}{l^2} \right) \quad (1.2-11)$$

[両面加熱（偏心なし）の場合]

$$50\%P_k = (1.22)^2 \left( \frac{\pi^2 EI}{l^2} \right) \quad (1.2-12) \quad 90\%P_k = (1.06)^2 \left( \frac{\pi^2 EI}{l^2} \right) \quad (1.2-13)$$

また、はりについては、加熱後の残存断面に生じる曲げ応力度およびせん断応力度が、部材強度の5%下限値をもとに規定する建築基準法告示の基準強度を超えるか否かにより非損傷性の有無が予測される。

非損傷性予測手法の有効性は、柱についてはスギ製材で、はりについてはスギ集成材において、安全側の設計が得られることが報告されている<sup>16),17),18)</sup>。しかし、同様の手法をケヤキ製材の柱およびはりの载荷加熱実験に適用した場合は、予測手法から想定されるほど安全側とならないことが報告されている<sup>13),19)</sup>。これらの報告では、柱については、炭化速度が比較的緩慢であるにも係わらず、想定されるほど安全側とはならないことから、試験体の含水率が大きいほど、炭化速度を低下させるとともに、加熱により柱内部の水分が

移動し、比較的低温の部分の含水率が上昇したために、非損傷性を低下させたことが想定される。またはりについては、基準曲げ強度の定義から予想されるほど安全側にならない要因として、ケヤキ製材では曲げ強度が高温では顕著に低下する可能性があることが考えられる。このような状況に対し、非損傷性予測手法の確立には、木材の温度依存性並びに含水率依存性に関して、材料レベルでの定量的な知見を取得する必要性が大きいと考えられる。

### 1.2.3 火災後における木構造部材の力学的性能

中・大規模木造建築物の多くは、火災最盛期での崩壊を免れる高度な防耐火性能を有する中・大断面木構造部材（耐火構造・準耐火構造）の利用が前提とされる。そのため、これらの主要構造部は所定の非損傷性を有し、全焼等大きな火災被害を受けない限り、RC造やS造の建築物と同様に火災後も建物が継続的に使用される可能性が高いと考えられる。また筆者らは、2012年11月及び2013年10月に実施された木造3階建て学校の実大火災実験（写真1.2-1）において、実験後に試験体建物（1時間準耐火構造）の解体調査を行い、室ごとの大断面木構造部材（柱  $220 \times 650\text{mm}$ 、大梁  $220 \times 500$  または  $650\text{mm}$ 、小梁  $220 \times 350\text{mm}$ ）の残存・炭化状況について整理・報告した<sup>20),21)</sup>。いずれの解体調査においても、出火室（1階）と異なる階において、部材の燃焼時間が30分以下であるものについては、炭化深さが最大30mm程度または炭化・損傷のないことを確認した。このような中・大断面の木構造部材は、1.1で述べた火災覚知から30分以内に放水・鎮火に至った建物火災においては、火災後も必要な残存耐力を有することが想定される。

火災で構造部材が被災した木造建築物を健全な状態で継続的に使用するためには、火災後の構造部材の残存耐力を把握する必要がある、そのためには、火災加熱を受けた部材が火災後に再び常温まで冷却された場合（以下、加熱冷却後）の力学的性能の変化の有無・程度について把握することが不可欠である。しかし、木構造部材において火災後の継続的使用を想定した防火性能の検討例は少なく、大断面木構造部材の加熱冷却後の力学的性能は、火災で被災した大断面集成材による木造体育館の部材に関する実測例が報告されている<sup>22)</sup>程度である。加えて、木材の加熱冷却後の力学的特性を定量的に考察した研究は見当たらない。これらを踏まえ、中・大規模木造建築物では、火災時だけでなく火災後の構造部材の力学的性能を適切に評価できるようにすることが望まれる。



写真 1.2-1 火災前後の建物の様子（2012年 木造3階建て学校実大火災実験）

### 1.3 研究目的

前述の 1.2 既往研究で述べたように、これまで、火災時の木構造部材の力学的性能については、住宅規模で実施された実大実験等の結果をもとに予測手法が検討されてきたが、木材の力学的特性に関し樹種や温度、含水率等に対する依存性に不明瞭な点が多く、予測・評価手法の確立には、材料レベルでの定量的な知見の取得が必要と考えられる。さらに、中・大規模木造建築物の開発・普及は近年のことであるため、火災が建物局所に留まった場合に、火災後の建物の使用継続可能性を検討するための基礎となる加熱冷却後の木構造部材の残存耐力に関してはほとんど把握されておらず、新たに知見を蓄積していくことが期待されている。

そこで本論文では、中・大規模木造建築物への活用を想定とした木構造部材の火災時および火災後における力学的性能の予測・評価手法の確立に向け、昇温下および加熱冷却後における木材の力学的特性を明らかにするため、無欠点小試験体を用いた実験による検証方法を提案・実施し、系統的かつ基盤的な情報を取得・整備することを目的としている。研究フローと本論文の各章の関係を図 1.3-1 に示す。

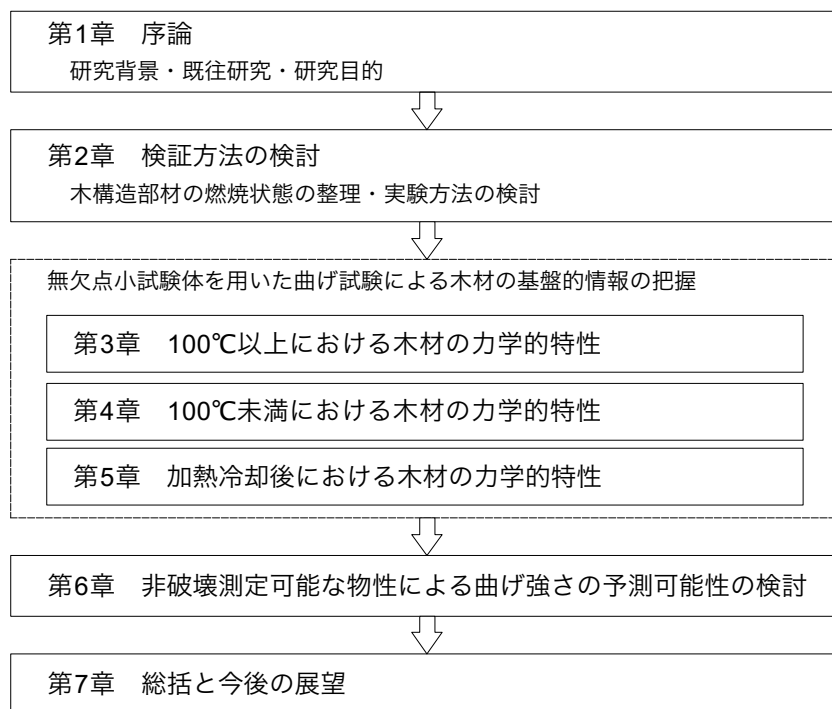


図 1.3-1 研究フロー



## 第 1 章の参考文献

- 1) 一般社団法人 日本木造住宅産業協会：耐火建築物の設計マニュアル本編, 2017.4
- 2) 総務省消防庁：平成 28 年度版 消防白書 第 1 章火災の現状と最近の動向  
総務省消防庁 HP: <http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h28/h28/index.html> (2017 年 10 月閲覧)
- 3) 日本建築学会：建物の火害診断および補修・補強方法指針・同解説, 2015.2
- 4) 渡辺治人：木材物理総論, 農林出版株式会社, 1978.3
- 5) 岡野健・祖父江信夫 他：木材化学ハンドブック, 株式会社朝倉書店, 2006.2
- 6) 高橋徹・中山義雄：木材化学講座 3 物理 第 2 版, 海青社, 1992.3
- 7) 日本建築学会：構造材料の耐火性ガイドブック 2009, 丸善, 2009.3
- 8) Bertil Fredlund : A Model for Heat and Mass Transfer in Timber Structures during Fire, PhD Dissertation, Lund University, Sweden, 1988.5
- 9) 鈴木達朗・上川大輔・安井昇・長谷見雄二・加來千紘・遠藤智紀・渡辺秀太・鈴木淳一：火災時の木質部材断面における水分移動状況の把握と力学的性能への影響評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.353-356, 2017.8
- 10) 上杉三郎：スギ材の 180℃以下加熱における曲げ性能, 日本木材学会誌 Vol.38, No.11, pp.985-994, 1992.11
- 11) 中村賢一・最上滋二・竹生敏俗・宮林正幸：構造用集成材の耐火性能(第 5 報), 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.827-828, 1986.8
- 12) 中村賢一・最上滋二・竹生敏俗・宮林正幸：構造用集成材の耐火性能(第 6 報), 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.787-788, 1987.10
- 13) 保川みずほ・安井昇・鈴木あさ美・長谷見雄二・亀山直央・豊田康二・門岡直也・上川大輔・腰原幹雄・小野徹郎：大断面広葉樹(ケヤキ)製材による軸組柱の防耐火性能予測に関する研究, 日本建築学会環境系論文集 第 78 巻 第 685 号, pp.633-638, 2013.3
- 14) 城代 進・鮫島一彦：木材化学講座 4 化学, 海青社, 1993.2
- 15) 山口智世・上川大輔・長谷見雄二・安井昇・高瀬棕・宮林正幸・鈴木淳一：燃え止まり型木質耐火構造部材の工学的設計法に関する研究, 日本建築学会環境系論文集 第 81 巻 第 730 号, pp.1065-1074, 2016.12
- 16) 安井昇・清水真理子・長谷見雄二・村上 雅英・上島 基英・木村 忠紀・北後 明彦・田村佳英・吉田 正友・山本 幸一：柱圧縮試験による木造土壁の火災加熱時の非損傷性予測と木造土壁外壁の防火設計, 日本建築学会環境系論文集 第 574 号, pp.1-6, 2003.12
- 17) 清水真理子・長谷見雄二・村上雅英・安井昇：木造真壁の耐火性能予測, 日本建築学会構造系論文集 第 611 号, pp.165-170, 2007.1
- 18) 安井昇・長谷見雄二・平井宏幸・渡邊圭太・腰原幹雄・澤野恵直・小川敦史・木村忠紀・山本幸一：横架材の加熱後曲げ応力度予測に基づく伝統木造床の防耐火設計と梁長さ・間隔の拡張可能性, 日本建築学会構造系論文集 第 74 巻 第 642 号, pp.1523-1529, 2009.8

- 19) 保川みずほ・安井昇・鈴木あさ美・長谷見雄二・亀山直央・豊田康二・門岡直也・腰原幹雄・小野徹郎・遊佐秀逸：大断面広葉樹(ケヤキ)製材による寺院建築仕様軸組の防耐火性能―はり及び柱-はり接合部の載荷加熱実験―，日本建築学会技術報告集 第 19 巻 第 43 号, pp.977-982, 2013.10
- 20) 加來千紘・板垣直行・石山智・赤根健司・長谷見雄二・安井昇・成瀬友宏・萩原一郎：木造 3 階建て学校の実大火災実験(準備実験)(その 21)実験後の軸組材の残存・炭化状況，日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.203-204, 2013.8
- 21) 加來千紘・板垣直行・渥美良紀・石山智・長谷見雄二・安井昇・成瀬友宏・萩原一郎：木造 3 階建て学校の実大火災実験(本実験)(その 22)実験後の軸組材の残存・炭化状況，日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.327-328, 2014.9
- 22) 長谷見雄二・鍵屋浩司・北後明彦・宮武敦：大規模集成木造体育館の火災調査，日本建築学会技術報告集 第 17 号, pp.209-212, 2003.6

## 第 2 章 検証方法の検討

---

## Chapter 2. Researching Method



## 第2章 検証方法の検討

### 2.1 木構造部材の燃焼状態

1.2 で述べた既往研究を踏まえ、火災加熱を受ける木構造部材の力学的性能を予測・評価する手法を確立するためには、火災時および火災後の部材それぞれにおいて、表 2.1-1 に示す部材の力学的性能に主要な影響を及ぼす項目を把握する必要がある。

表 2.1-1 火災時および火災後の木構造部材の非損傷性予測・評価要因

(1) 部材	(2) 生産・流通	(3) 設計	
		火災時	火災後
鉛直部材 (柱・壁)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材の材質 (製材, 集成材 等)</li> <li>・樹種</li> <li>・含水率</li> <li>・強度等級 (ヤング係数) (曲げ強さ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炭化による断面減少の有無</li> <li>・内部温度分布</li> <li>・含水率変化</li> <li>・ヤング係数の低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炭化による断面減少の有無</li> <li>・内部温度履歴</li> <li>・含水率分布</li> <li>・ヤング係数の残存</li> </ul>
水平部材 (はり・床)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・断面寸法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炭化による断面減少</li> <li>・内部温度分布</li> <li>・含水率変化</li> <li>・曲げ強さの低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炭化による断面減少の有無</li> <li>・内部温度履歴</li> <li>・含水率分布</li> <li>・曲げ強さの残存</li> </ul>

#### (1) 部材

既往研究に基づき、火災加熱を受ける木構造部材の非損傷性は、柱や壁の鉛直部材では座屈破壊に、はりや床の水平部材では曲げ破壊に支配されるとして、予測・評価手法を考える。

#### (2) 生産・流通

建築に用いられる木構造部材には、製材と集成材、単板積層材 (Laminated Veneer Lumber)、直交集成板 (Cross Laminated Timber) などの様々な木質材料がある。いずれの場合も、主として樹種、含水率、強度等級によって管理・流通されており、特に中・大規模木造建築物に用いられる構造用部材は、品質の担保等の理由により日本農林規格 (以下、JAS) の規定に準拠することが求められる。したがって、生産・流通する部材の材質、樹種、初期含水率、強度等級、断面寸法は、火災時および火災後の非損傷性への初期条件となる。また、中・大断面の構造用製材の場合には、部材断面全体を平衡含水率とすることは技術的に非常に高度であるため、材料管理された材においても部材内部に含水率分布が生じることを踏まえ、火災時および火災後の非損傷性を考える必要がある。

#### (3) 設計

火災時および火災後の木構造部材の燃焼状態は、鉛直部材と水平部材それぞれにおいて、以下4つの項目が主要要因として考えられる。

## 1) 炭化による断面減少の有無

1.1 研究背景で述べたように、中・大規模木造建築物では、耐火性能または準耐火性能を有する中・大断面木構造部材の利用が前提とされる。耐火構造では、火災が終了した後も、建物が倒壊しないことが求められる。そのため、荷重支持部に木材を用いる場合には、強化せっこうボード等の不燃材料により耐火被覆することで木部が炭化・燃焼しない断面構成とすることが一般的である。一方、準耐火構造では、燃えしろ設計されたあらわしの部材など、荷重支持部の木材が炭化・燃焼することが考えられる(図 2.1-1)。木部が炭化・燃焼する場合には、木材の炭化速度は、一般に  $0.6\sim 1.0$  [mm/分] 程度とされ、炭化部分を非耐力部、未炭化部分を耐力部として考える。

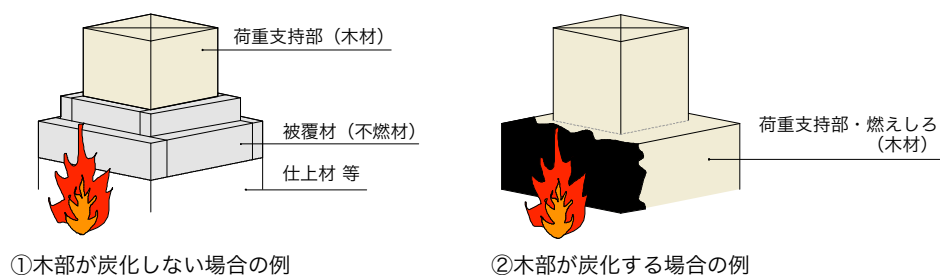


図2.1-1 火災加熱を受ける木構造部材の炭化の有無

## 2) 内部温度分布・履歴

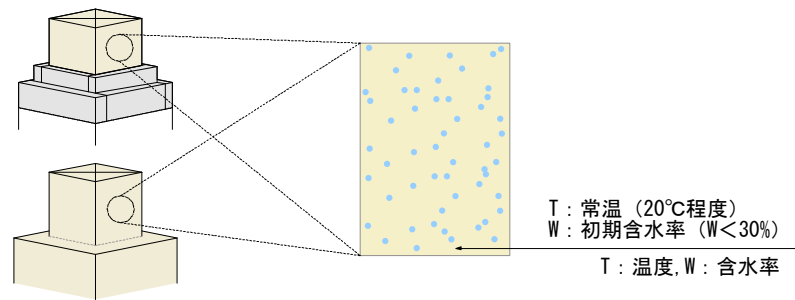
一般に、木材の炭化温度は  $260^{\circ}\text{C}$  とされる<sup>1)</sup>等。そのため、 $260^{\circ}\text{C}$ を炭化境界とした場合、火災加熱を受ける部材の未炭化部分では、常温～ $260^{\circ}\text{C}$ までの温度分布が存在すると推定できる。また火災後は、内部温度が上昇した後、再び常温まで下がることからこれらの温度分布を履歴として考える。

## 3) 含水率変化・分布

1.2 既往研究で述べたように、加熱を受ける木材内部の水分は、加熱側から非加熱側へと移動する<sup>2),3)</sup>ため、火災時の部材内部の含水率は、初期含水率より変化していると推定できる。また火災加熱を受け、木構造部材内に温度分布が生じる際、 $100^{\circ}\text{C}$ 以上に温度が上昇した部分の水分は、蒸発または移動により、初期含水率よりも減少し、極めて低いものと考えられる。一方、火災後は、火災時の変化により火災前の含水率分布とは異なることが考えられるが、実際の火災では、消火活動に放水が伴う等、火災後の断面の含水率分布はより複雑であることが予想される。

これらの要因を整理すると、火災加熱を受ける木構造部材の内部では、炭化の有無に応じて図 2.1-2 のような状態となることが仮定でき、これらの温度・含水率条件における木材の力学的特性の低下・残存を明らかにすることが求められる。

[火災前]



[火災時・火災後]

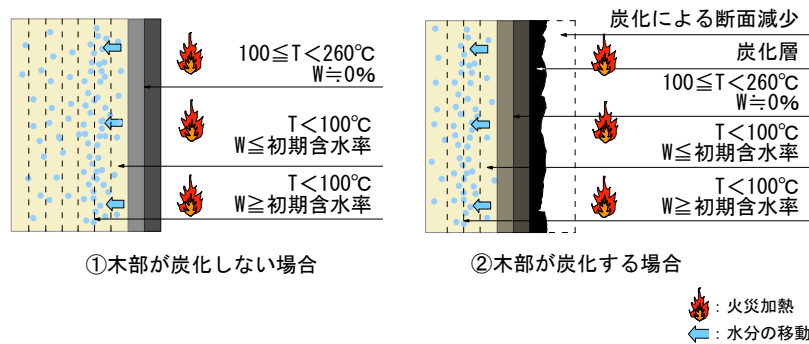


図2.1-2 火災加熱を受ける木構造部材内部の燃焼状態

#### 4) 力学的性能の低下・残存

図 2.1-2 の状態において、温度および含水率の変化に伴う未炭化部の木材の力学的特性は、鉛直部材ではヤング係数の低下・残存、水平部材では曲げ強さの低下・残存が、木構造部材の非損傷性の予測・評価の基盤となる。なお、曲げ強さについては、非破壊での把握ができないため、火害診断等、部材の継続的利用を前提として曲げ強さを把握するには、ヤング係数や密度等の非破壊測定可能な物性から推定する手法を検討することが必要である。

## 2.2 実験方法の構築

本論文では、2.1 で述べた火災加熱を受ける木構造部材の燃焼状態（図 2.1-2）を大きく 2 つに区分し、実験方法を構築した。ひとつめは、加熱面に最も近く、炭化はしていないが、温度が 100℃以上に上昇し、ほぼ全乾状態となる部分である。またもうひとつは、100℃以上の部分より部材内側において、水分を保持している状態かつ温度が 100℃未満の範囲にて上昇している部分である。これらふたつの状態において、100℃以上の部分については、火災時および火災後のそれぞれを想定し、下記実験Ⅰ～Ⅲの 3 つの無欠点小試験体を用いた曲げ実験を実施した（図 2.2-1）。

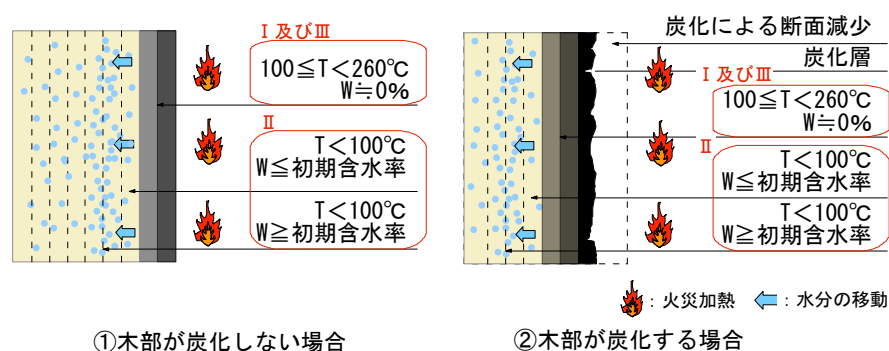


図2.2-1 木構造部材内部の燃焼状態に対する実験区分

### 実験Ⅰ 100℃以上における木材の力学的特性（第3章）

火災加熱を受け部材はほぼ全乾状態となるが炭化に至らない温度範囲のうち、100℃～250℃において、木材の力学的特性の温度依存性を検証した。

### 実験Ⅱ 100℃未満における木材の力学的特性（第4章）

含水率が昇温下の木材の力学的特性に与える影響を明らかにするため、水分の蒸発が顕著とならない 100℃ 未満の温度範囲において、温度依存性ならびに含水率依存性を検証した。

### 実験Ⅲ 加熱冷却後における木材の力学的特性（第5章）

火災加熱を受け部材はほぼ全乾状態となるが炭化に至らない温度範囲のうち、100℃～250℃における木材の加熱冷却後の力学的特性を検証した。

次頁以降に、実験Ⅰ～Ⅲの共通事項を示す。



## 2.2.1 試験体の条件

### (1) 試験体の寸法

試験体の寸法は、Ⅰ～Ⅲの全ての実験において、20mm×20mm×320mm かつ二方桁の無欠点の木片とした（図 2.2-2）。なお、力学的特性に対する諸条件の影響が複雑にならないようにするため、これらの無欠点小試験体は、ⅠおよびⅢとⅡのそれぞれにおいて、可能な限り樹種ごとに1本の丸太または材から切り出し製作することを条件とした。また本論文では、実験ごとの試験体の仕分けはヤング係数または含水率を基準とし（詳細は各章を参照）、心材および辺材の別は区別しないものとする。

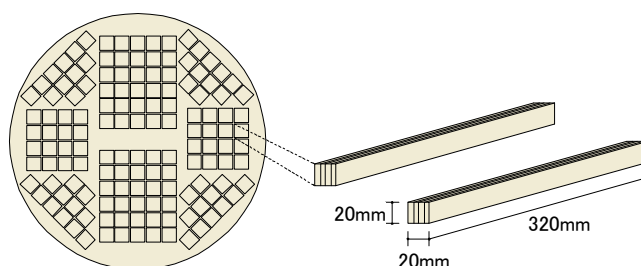


図2.2-2 試験体外形図

### (2) 樹種

建築物に用いられる構造用木材は、針葉樹材と広葉樹材に大別され、国産材では、針葉樹材としてスギ、ヒノキ、カラマツが、広葉樹材としてケヤキ、クリ等が代表的な樹種である。また、輸入材としてベイマツやベイトウヒ（スプルース）等が多く用いられる（表 2.2-1）。これらの針葉樹材は、建築物全般に用いられる材であり、製材のほか集成材等の木質材料としても使用され、JASにより強度等級区分が定められている。一方、広葉樹材は、製材を中心に寺社建築等の伝統的・宗教的建築物に用いられることの多い材であり、無等級材（JASに定められていない材）として扱われる。

実験Ⅰ～Ⅲの無欠点小試験体の樹種には、中・大規模木造建築物の木構造部材に用いられる一般的なものとして、針葉樹材にスギ、カラマツ、ベイマツ、広葉樹材にケヤキを選定した。次頁の写真 2.2-1,2 は、実験Ⅰ,ⅢおよびⅡそれぞれの試験体を切り出した丸太の一部である。

表2.2-1 建築物の構造用木材の主要な樹種（JAS<sup>4)</sup>・告示<sup>5)</sup>より作成）

製材		集成材	単板積層材(LVL)	直交集成板(CLT)
針葉樹	広葉樹	針葉樹	針葉樹	針葉樹
スギ	ケヤキ	スギ	スギ	スギ
ヒノキ	クリ	スプルース(ベイトウヒ)	カラマツ	ヒノキ
カラマツ	ナラ	ヒノキ	ダフリカカラマツ	カラマツ
アカマツ	ブナ	オウシュウアカマツ	ラジアータパイン	他
ベイマツ 他	カシ 他	カラマツ	他	
		ダフリカカラマツ		
		ベイマツ 他		



写真2.2-1 実験Ⅰ,Ⅲ用の試験体（平衡含水率の材）  
（上左から：スギ、カラマツ、下左から：ベイマツ、ケヤキ）



写真2.2-2 実験Ⅱ用の試験体（高含水率の丸太）  
（上左から：スギ、カラマツ、下左から：ベイマツ、ケヤキ）

### (3) 含水率

実験ⅠおよびⅢでは、火災加熱を受ける木構造部材の未炭化部において、温度が 100℃以上に上昇し、ほぼ全乾状態となることを想定としているため、木材の力学的特性に対する諸条件の影響が複雑にならないよう、試験体は、60℃程度の乾燥機により含水率を 3%程度まで下げて、実験を実施した。

一方、実験Ⅱに用いる試験体は、水分を保持している状態かつ温度が 100℃未満の範囲において上昇していることを想定とするため、1.2 既往研究で述べた常温時における木材の力学的特性の含水率依存性及び中・大断面の木構造部材において想定される含水率の範囲を踏まえ、下記 A～D の試験体群を目標に含水率を調整した。含水率の調整方法など詳細については、第 4 章を参照のこと。

#### 試験体群 A：含水率 $W \leq 5\%$

- ・ 常温時の木材の力学的特性が最も高まる含水率範囲<sup>1)</sup>等

#### 試験体群 B：5% < 含水率 $W \leq 15\%$

- ・ 常温時の木材の力学的特性と含水率が直線的な関係にある含水率範囲（気乾状態）
- ・ 集成材等、材料管理された中・大断面の木構造部材の一般的な含水率範囲

#### 試験体群 C：15% < 含水率 $W \leq 30\%$

- ・ 常温時の木材の力学的特性と含水率が直線的な関係にあり、木材の力学的特性への影響が大きい結合水の上限（繊維飽和点<sup>1)</sup>等）に達する含水率範囲
- ・ 材料管理された中・大断面の構造用製材の一般的な含水率範囲<sup>4)</sup>

#### 試験体群 D：含水率 $W > 30\%$

- ・ 常温時の木材の力学的特性への含水率の影響がほぼ一定となる繊維飽和点以上（自由水の変化のみを想定）とした含水率範囲

## 2.2.2 実験方法

### (1) 曲げ試験

実験Ⅰ～Ⅲ全てにおいて、各条件下での木材のヤング係数および曲げ強さを定量的に把握するため、JIS Z 2101「木材の曲げ試験方法」<sup>6)</sup>にならい 3 点曲げ試験を実施した。ただし、試験体数に関しては、JIS の試験方法にならい 12 本以上を基本とするが、2.2.1 で述べた条件のもと試験体を製作したため、実験条件ごとの試験体数は必ずしも同一ではない。また、試験装置には、国立研究開発法人森林総合研究所が所有する温度調整炉付きの圧縮試験機を使用した（写真 2.2-3）。载荷位置はスパンの中央部とし、変位が 10mm/分となるよう载荷した（図 2.2-3）。

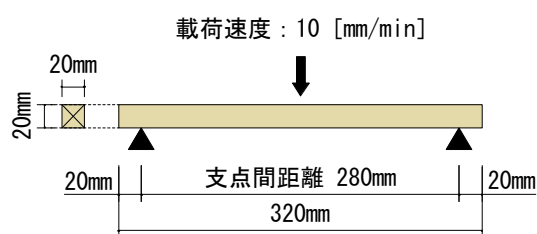


図2.2-3 3点曲げ試験概要図

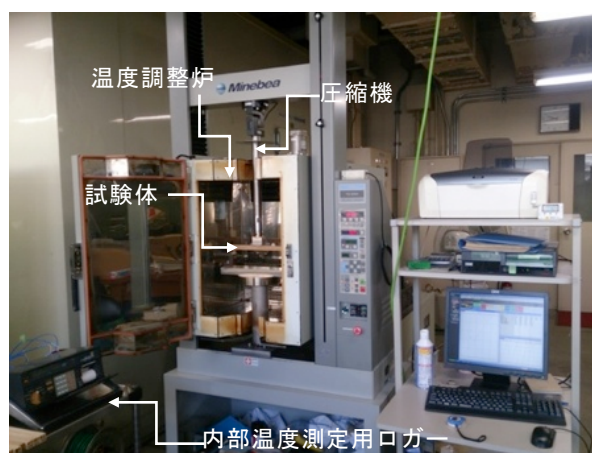


写真2.2-3 温度調整炉付き圧縮試験機

### (2) 温度条件

実験ⅠおよびⅢにおける曲げ試験の温度条件は、炭化層内側の木材が炭化しないかつほぼ全乾状態を想定し、常温以外は、100℃、150℃、200℃、250℃とした。ただし、スギの試験体は予備試験において 250℃の加熱中に試験体から発炎したため、最高温度を230℃と設定した。一方、実験Ⅱにおける温度条件は、木材が炭化しないかつ水分の蒸発が顕著とならない温度範囲を想定して、常温以外は、50℃、80℃、95℃とした。なお、50℃と95℃の間を80℃としたのは、2.1 既往研究で述べた非損傷性予測手法での内部温度分布の設定を考慮してのことである。

### (3) 測定項目

Ⅰ～Ⅲ全ての実験において、下記6つを共通の測定項目とした。

#### 1) 試験体の寸法

丸太から無欠点小試験体を切り出した際（以下、試験体制作時）と、実験ごとに含水率調整した後（以下、含水率調整後）の計2回、試験体の寸法（幅、高さ、長さ）を測定・管理した。

## 2) 試験体の質量

実験Ⅰでは、試験体制作時、含水率調整後、曲げ試験時（高温時）の計3回、実験Ⅱでは、試験体制作時、含水率調整後、曲げ試験時（高温時）、試験体全乾後の計4回、実験Ⅲでは、試験体制作時、含水率調整後、加熱直後、曲げ試験時（加熱冷却後）の計4回、試験体の質量を測定した。

## 3) 試験体の密度

試験体の寸法および質量により、試験体の密度を算定した。

## 4) 試験体の含水率

試験体の含水率は、1.2 既往研究で述べた下式 (1.2-1) の全乾法により算定した。実験ⅠおよびⅢでは、樹種ごとに無欠点小試験体の中から2本の試験体サンプルを無作為に選定し、条件を満たしていることを確認した。また実験Ⅱでは、実験終了後に全ての試験体について含水率を算定した。

$$\text{含水率 } W [\%] = \frac{m_w - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1.2-1)$$

$m_w$ : 含水率  $W$  の時の質量 [g],  $m_0$ : 全乾時の質量 [g]

## 5) ヤング係数

ヤング係数は、非破壊での測定が可能のため、実験Ⅰ～Ⅲの全試験体において、常温時および曲げ試験時それぞれの値を測定した。常温時は、試験体の強度が低下しない範囲（スギ、カラマツ、ベイマツ 0.25kN、ケヤキ 0.5kN）で加力をする曲げ試験（以下、非破壊曲げ試験）により、ヤング係数を測定した。その後、同じ試験体により、各条件下において試験体が破断に至るまで加力する曲げ試験（以下、破壊曲げ試験）を実施し、高温時または加熱冷却後のヤング係数を測定した。これらのヤング係数は、せん断変形の影響は考慮しない接線法<sup>6)</sup>・下式 (2.2-1) により求めた。

$$\text{ヤング係数 } E [\text{N/mm}^2] = \frac{l^3 \Delta P}{48 I \Delta S} \quad (2.2-1)$$

$l$ : 支持点間距離 [mm],  $\Delta P$ : 比例域の上限荷重と下限荷重の差 [N]

$I$ : 断面二次モーメント [mm<sup>4</sup>],  $\Delta S$ : 変位量 [mm]

## 6) 曲げ強さ

実験Ⅰ～Ⅲ全てにおいて、破壊曲げ試験時の最大荷重を用いて (2.2-2) 式<sup>6)</sup>により算定した値を「曲げ強さ」とする。

$$\text{曲げ強さ } \sigma [\text{N/mm}^2] = \frac{P_{max} l}{4 Z} \quad (2.2-2)$$

$P_{max}$ : 最大荷重 [N],  $l$ : 支持点間距離 [mm],  $Z$ : 断面係数 [mm<sup>3</sup>]



### 2.2.3 考察指標の定義

本論文では、実験により得られた結果に基づき、各条件下における木材の力学的特性を検証するため、ヤング係数および曲げ強さそれぞれについて、下記の指標を定義した。

#### (1) ヤング係数

ヤング係数は、非破壊での測定が可能なため、同一試験体の測定値を比較する方針とした。温度  $t$ 、含水率  $W$  (5%以下の試験体については  $\text{dry}=d$ ) として、乾燥時ヤング係数を  $E_{d,t}$ 、含水時ヤング係数を  $E_{w,t}$  と表す。また、加熱前に常温で測定した値を「常温時ヤング係数」と呼び、温度  $t=a$  として、 $E_{d,a}$  と表し、各温度条件でのヤング係数は「高温時ヤング係数」、加熱後、再び常温に自然冷却した後の値を「加熱冷却後ヤング係数」と呼ぶ。これら実験により測定した値をもとに、力学的特性を示す指標として、下記の通りに「ヤング係数残存率」および「ヤング係数比」を定義した。

#### 1) ヤング係数残存率

I～IIIの実験全てにおいて、ヤング係数の温度依存性及び加熱冷却後の特性を評価するため、高温時または加熱冷却後の計測値を常温時の値で除した値を「高温時ヤング係数残存率」、「加熱冷却後ヤング係数残存率」ということとする。これらの残存率は、下式(2.2-3)～(2.2-5)により、同一試験体の値により算定される。

含水率 5%以下の場合（上式は実験 I および II の試験体群 A、下式は実験 III に該当）

$$\text{高温時ヤング係数残存率 } R_{E,d}(t) = \frac{\text{高温時ヤング係数 } E_{d,t}}{\text{常温時ヤング係数 } E_{d,a}} \quad (2.2-3)$$

$$\text{加熱冷却後ヤング係数残存率 } R_{E,d}(t) = \frac{\text{加熱冷却後ヤング係数 } E_{d,t}}{\text{常温時ヤング係数 } E_{d,a}} \quad (2.2-4)$$

含水率 5%超の場合（実験 II の試験体群 B～D に該当）

$$\text{高温時ヤング係数残存率 } R_{E,w}(t) = \frac{\text{高温時ヤング係数 } E_{w,t}}{\text{常温時ヤング係数 } E_{w,a}} \quad (2.2-5)$$

#### 2) ヤング係数比

また、実験 II においては、上記の温度依存性に加えて、各温度条件における含水率依存性を考察するため、含水時ヤング係数比  $R_{E,t}(w)$  を下式(2.2-6)により算出した。なお、ヤング係数比は、同一試験体により測定することができないため、試験体群 B～D それぞれの計測値の平均値含水時ヤング係数とし、試験体 A における測定値の平均値を乾燥時ヤング係数として、算定した。

$$\text{ヤング係数比 } R_{E,t}(W) = \frac{\text{含水時ヤング係数 } E_{w,t}}{\text{乾燥時ヤング係数 } E_{d,t}} \quad (2.2-6)$$

## (2) 曲げ強さ

温度  $t$ 、含水率  $W$  (5%以下の試験体については  $\text{dry}=d$ ) として、乾燥時曲げ強さを  $B_{d,t}$ 、含水時曲げ強さを  $B_{w,t}$  と表す。加熱前に常温で測定した値を「常温時曲げ強さ」と呼び、温度  $t=a$  として、 $B_{d,a}$  と表し、各加熱温度で加熱した際の曲げ強さは「高温時曲げ強さ」、加熱後、再び常温に自然冷却した後の値を「加熱冷却後曲げ強さ」と呼ぶ。これら実験により測定した値をもとに、力学的特性を示す指標として、下記の通りに「曲げ強さ残存率」および「曲げ強さ比」を定義した。

### 1) 曲げ強さ残存率

I ～ III の実験全てにおいて、曲げ強さの温度依存性を評価するため、高温時の試験体群の平均値を常温時の試験体群の平均値で除した値を「高温時曲げ強さ残存率」、加熱冷却後の試験体群の平均値を常温時の試験体群の平均値で除した値を「加熱冷却後曲げ強さ残存率」ということとする。これらの残存率は、下式 (2.2-7) ～ (2.2-9) により算定される。

含水率 5%以下の場合（上式は実験 I および II の試験体群 A、下式は実験 III に該当）

$$\text{高温時曲げ強さ残存率 } R_{B,d}(t) = \frac{\text{高温時曲げ強さ } B_{d,t}}{\text{常温時曲げ強さ } B_{d,a}} \quad (2.2-7)$$

$$\text{加熱冷却後曲げ強さ残存率 } R_{B,d}(t) = \frac{\text{加熱冷却後曲げ強さ } B_{d,t}}{\text{常温時曲げ強さ } B_{d,a}} \quad (2.2-8)$$

含水率 5%超の場合（実験 II の試験体群 B～D に該当）

$$\text{高温時曲げ強さ残存率 } R_{B,w}(t) = \frac{\text{高温時曲げ強さ } B_{w,t}}{\text{常温時曲げ強さ } B_{w,a}} \quad (2.2-9)$$

### 2) 曲げ強さ比

また、実験 II においては、各温度条件における含水率依存性を考察するため、ヤング係数と同様に、含水時曲げ強さ比  $R_{B,t}(w)$  を下式 (2.2-10) により各試験体群の平均値を用いて算出した。

$$\text{曲げ強さ比 } R_{B,t}(W) = \frac{\text{含水時曲げ強さ } B_{w,t}}{\text{乾燥時曲げ強さ } B_{d,t}} \quad (2.2-10)$$

## 2.3 本論文における統計処理の考え方

### 2.3.1 平均値

木材は自然材料であるため、本実験により得られたヤング係数及び曲げ強さは、実験条件ごとにばらつきが生じている。そこで、実験結果を考察するにあたり、平均的傾向の尺度として温度条件ごとのヤング係数及び曲げ強さの算術平均と中位数を検討した。下式(2.3-1)～(2.3-4)を参照しヤング係数及び曲げ強さの算術平均と中位数を算出した結果、双方に大きな差異がないため、以後の本論文の考察では、平均値に算術平均で代表させるものとする。

#### ・算術平均

変数  $x$  から得られた母集団の数値の個数を  $N$  とし、個々の数値を  $x_1, x_2, \dots, x_N$  と表す。この母集団の算術平均を下式(2.3-1)のように定義する。

$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2.3-1)$$

この母集団から得られた標本を  $x_1, x_2, \dots, x_n$  とする。このとき標本平均は下式(2.3-2)のように定義する。

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.3-2)$$

#### ・中位数

中位数は一般的に  $M_e$  で記され、観測値を大きさの順に並べたときの真ん中の値と定義する。観測値の大きさが奇数か偶数かで下式(2.3-3)、(2.3-4)式のように計算の方法が異なる。

$$M_e = x_{(m+1)} \quad \text{もし } n = 2m + 1 (\text{奇数}) \quad (2.3-3)$$

$$M_e = \frac{x_{(m)} + x_{(m+1)}}{2} \quad \text{もし } n = 2m (\text{偶数}) \quad (2.3-4)$$

### 2.3.2 相関係数

前述の通り、木材の力学的特性において、曲げ強さは非破壊での把握はできないため、木構造の品質管理上、非破壊検査可能な諸量から推定できるようにすることが望ましい。常温時の木材の曲げ強さについては、樹種ごとに、密度やヤング係数との相関があるとの報告<sup>1),7)</sup>がある。そこで、本研究においても実験結果の考察にあたり、試験体群ごとに計測データを対象とした回帰式及び相関係数  $r$  を算定する。相関係数  $r$  は、一般に下式(2.3-5)



により算定され、二変数間の相関の強さは、相関係数の絶対値  $|r|$  が  $0 \sim 0.2$  ではほとんど相関がない、 $0.2 \sim 0.4$  は弱い相関がある、 $0.4 \sim 0.7$  は比較的相関がある、 $0.7 \sim 1.0$  は強い相関があると定義される。

$$\text{相関係数 } r = \frac{(\text{X と Y の共分散})}{(\text{X の標準偏差})(\text{Y の標準偏差})} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (2.3 \cdot 5)$$

## 第2章の参考文献

- 1) 岡野健・祖父江信夫 他：木材化学ハンドブック，株式会社朝倉書店，2006.2
- 2) Bertil Fredlund：A Model for Heat and Mass Transfer in Timber Structures during Fire, PhD Dissertation, Lund University, Sweden, 1988.5
- 3) 鈴木達朗・上川大輔・安井昇・長谷見雄二・加來千紘・遠藤智紀・渡辺秀太・鈴木淳一：火災時の木質部材断面における水分移動状況の把握と力学的性能への影響評価，日本建築学会大会学術講演梗概集(防火)，pp.353-356, 2017.8
- 4) 農林水産省：製材の日本農林規格 2013.6, 集成材の日本農林規格 2017.10, 直交集成板の農林規格 2016.8, 単板積層材の日本農林規格 2017.10
- 5) 平成 12 年国土交通省告示第 1452 号
- 6) 日本規格協会：JIS Z 2101 木材の試験方法, 2009
- 7) 飯島泰男：木質構造の研究の現状と今後の課題 Part II, 日本木材学会強度・木質構造研究会編，日本木材学会，pp.7-8, 1994

### 第 3 章 100°C以上における木材の力学的特性

---

#### Chapter 3. Mechanical Properties of Wood Exposed to Temperature over 100°C



### 第3章 100℃上における木材の力学的特性

#### 3.1 実験目的

火災加熱が木構造部材の力学的性能に及ぼす影響には、炭化による断面の減少、木材の温度上昇による力学的特性の変化等があり、いくつかの実測例が報告されている<sup>1)~6)</sup>。また、1.2 既往研究で述べたように、これまで安井らによって、所定の火災加熱時間後の部材断面内の温度分布を整理し、既往文献による木材の温度依存性を反映させることにより部材の力学的性能を予測できることが示されている<sup>6)~10)</sup>。これらの手法では、非損傷性が、柱は座屈に、はり曲げ破壊に支配されると仮定し、所定の火災加熱時間後の部材の残存断面及び内部温度分布の予測から破壊時の荷重を算定し、部材にかかる荷重との比較により非損傷性の有無が評価される。しかし、高温時の木材の力学的特性は系統的に把握されておらず、ケヤキ製材柱およびはりの載荷加熱試験においては、非損傷性予測手法から想定されるほど安全側にはならず、ヤング係数および曲げ強さいずれもその温度依存性や含水率依存性に不明な点が多いことが示唆される<sup>6),10)</sup>。

そこで本実験は、これらの背景を受け、2.1 で述べた火災加熱を受ける木構造部材の燃焼性状において、炭化層内側の 100℃以上 260℃（一般的な木材の炭化温度）以下の温度範囲における力学的特性を把握することを目的とする（図 3.1-1）。

実験は、常温、100℃、150℃、200℃、250℃の 5 つの温度条件とし、木材のヤング係数および曲げ強さの温度依存性を把握し、さらに、高温時曲げ強さを非破壊測定可能な諸量から予測できるかを確認するために、ヤング係数および密度との相関を検証した。これらを通じ、火災加熱が中・大規模木造建築物の構造性能にどのような影響を及ぼし得るか、基礎的な情報を得る。

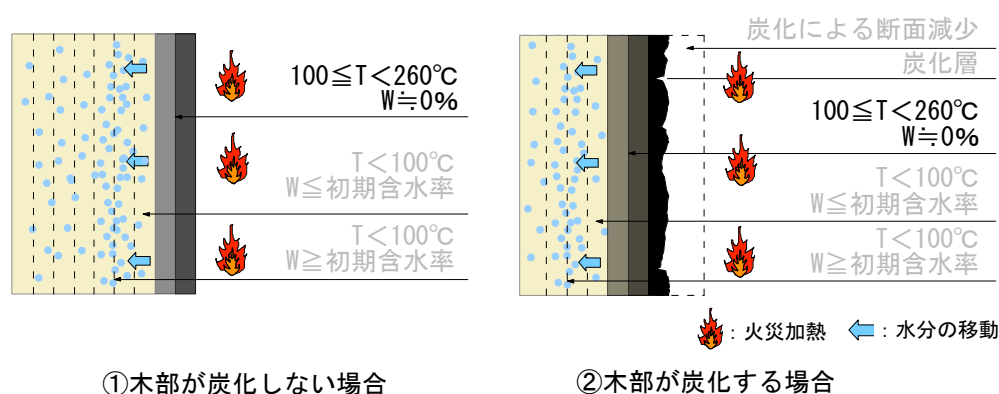


図3.1-1 火災加熱を受ける木構造部材内部に対する本実験の位置づけ部位

## 3.2 実験概要

### 3.2.1 試験体の条件

試験体の条件に関する基本的な方針は、第2章に示す通りである。試験体には、針葉樹材にスギ、カラマツ、ベイマツ、広葉樹材にケヤキを選択し、いずれも20mm×20mm×320mm、2方征、無欠点の木片とした。試験体は、力学的特性に対する諸条件の影響が複雑にならないようにするため、樹種ごとに含水率が平衡状態の1本の材から切り出し、60℃程度の乾燥機の中で含水率を3%程度まで下げ、質量を測定してから試験を行うこととした。実験条件ごとの試験体数を表3.2-1に示す。

なお、試験体の含水率は、樹種ごとに無欠点小試験体の中から2本の試験体を実験体として選定し、全乾法にて含水率を算定し条件を満たしていることを確認した（表3.1-2）。

表3.2-1 各条件での試験体数一覧

実験条件	スギ	カラマツ	ベイマツ	ケヤキ
常温	20	14	15	14
100℃	20	15	15	16
150℃	20	15	15	16
200℃	20	15	15	16
250℃(230℃)	20	14	15	16

※スギの試験体は、250℃の加熱中に試験体が発火したため、最高温度を230℃とした。

※※常温時の試験体は、第5章に示す常温時の試験体と同一試験体である。

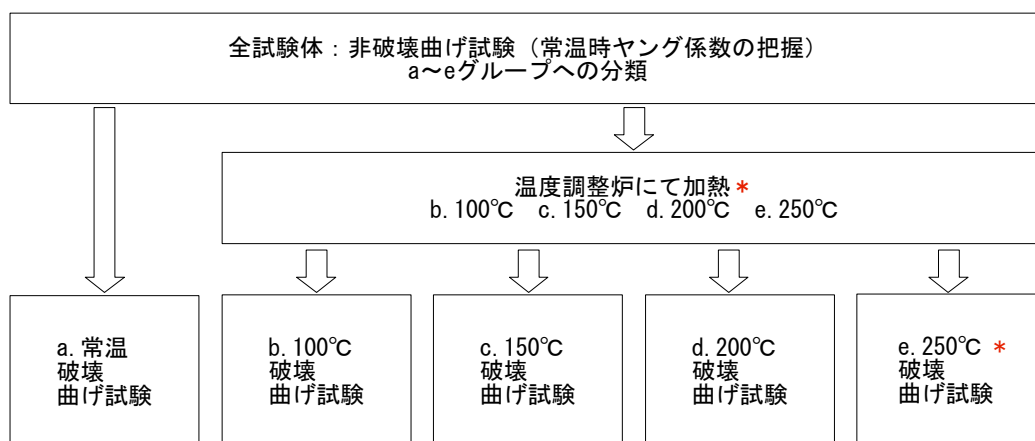
表3.2-2 試験体の含水率

樹種	スギ		カラマツ		ベイマツ		ケヤキ	
試験体No.	1 D3	2 B13	1 A3	11 A8	2 A23	7 A15	A3-3	C3-2
60℃乾燥後の質量[g]	45.91	47.52	70.30	70.04	65.04	62.00	74.90	78.38
105℃全乾後の質量[g]	44.25	45.82	68.16	68.50	62.66	59.87	72.57	76.05
含水率[%]	3.75	3.71	3.14	2.25	3.80	3.56	3.21	3.06

### 3.2.2 試験方法

曲げ試験は、第2章で述べたように、JIS Z 2101「木材の曲げ試験方法」<sup>1)</sup> にならい、280mm スパンの3点曲げ方法により加力した。試験装置には、国立研究開発法人 森林総合研究所が所有する温度調整炉付きの圧縮試験機（ミネベア・テクノグラフ TG-50kN）を使用し、曲げ試験の温度条件は、木材が炭化しない温度範囲を想定し、a.常温、b.100℃、c.150℃、d.200℃、e.250℃の5段階とした。ただし、スギの試験体は、250℃の加熱中に試験体から発炎したため、最高温度を230℃とした。

実験の手順を図3.2-1に示す。まず、試験体の強度が低下しない範囲（スギ、カラマツ、ベイマツ 0.25kN、ケヤキ 0.5kN）で加力をする非破壊曲げ試験により、全試験体の常温時ヤング係数を把握する。非破壊曲げ試験の結果より、試験体が破断に至るまで加力する破壊曲げ試験に関する実験条件に応じて、全試験体を温度条件ごとに分類する。a グループは破壊曲げ試験を常温で行い、常温でのヤング係数及び曲げ強さを算出した。b～e グループは、試験体内部及び雰囲気温度が所定の各加熱温度（100℃、150℃、200℃、250℃（スギは230℃））に達するのを確認した後、各グループの半数の試験体は高温のまま破壊曲げ試験を行い、高温時ヤング係数及び曲げ強さを算出した。なお、非破壊曲げ試験、破壊曲げ試験とも、载荷位置はスパンの中央部とし、変位が10mm/分となるよう载荷した。試験体の内部温度は、曲げ試験に用いる試験体と同断面の木片（温度計測用サンプル）にシース熱電対 φ1mm を設置し（図3.2-2）、温度条件ごとに恒温炉に入れ測定した。



\* スギ試験体は250℃加熱中に発炎したため、最高温度を230℃とした。

図3.2-1 実験の手順

●：熱電対測定位置（温度計測用サンプルのみ設置）

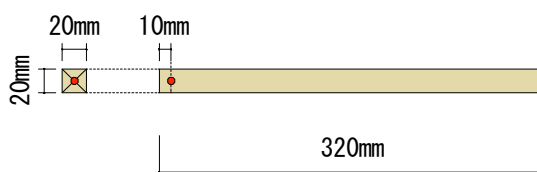


図3.2-2 試験体の内部温度測定位置

### 3.3 実験結果及び考察

本項では、2.2.3 で述べた考察指標の定義および算定式に基づき、実験結果および考察を示す。また、曲げ試験により得られた計測値の詳細については、巻末資料の計測値一覧表にて示す。なお、実験結果の考察あたっては、温度条件が木材の力学的特性に及ぼす影響を検討するため、常温時の平均値、残存率の算出において、曲げ破壊の破壊形態が異なり試験体群の分布範囲から大きく外れるものや既往の研究データ<sup>12)</sup>の値と明らかに異なる曲げ強さの試験体は除外した。

#### 3.3.1 ヤング係数

高温時ヤング係数  $E_{d,t}$  及び高温時ヤング係数残存率  $R_{E,d}(t)$  を表 3.3-1、図 3.3-1～8 に示す。本実験では、ヤング係数については、常温で測定を行った後、同じ試験体を加熱して、高温時に測定し、加熱前後の測定値を比較する方針とした。ヤング係数の値は、2.2 で述べた下式<sup>11)</sup> (2.2-1) 接線法により算出した。算定にあたっては、試験体の断面寸法は 20mm × 20mm とし、荷重変形関係より比例域の範囲を確認した上で、非破壊試験、破壊試験ともに、比例域の荷重の上限を 0.2kN、下限を 0.1kN とした。また全試験体において、非破壊曲げ試験および破壊曲げ試験のヤング係数により、下式 (2.2-3) にて高温時ヤング係数残存率を算定した。

$$\text{ヤング係数 } E \text{ [N/mm}^2\text{]} = \frac{l^3 \Delta P}{48 I \Delta S} \quad (2.2-1)$$

$l$ : 支持点間距離 [mm],  $\Delta P$ : 比例域の上限荷重と下限荷重の差 [N]

$I$ : 断面二次モーメント [mm<sup>4</sup>],  $\Delta S$ : 変位量 [mm]

$$\text{高温時ヤング係数残存率 } R_{E,d}(t) = \frac{\text{高温時ヤング係数 } E_{d,t}}{\text{常温時ヤング係数 } E_{d,a}} \quad (2.2-3)$$

表3.3-1 100℃以上におけるヤング係数の結果一覧

樹種	スギ			カラマツ		
温度条件	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 (平均)	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 (平均)
常温	8,067	8.11	1.0	9,868	12.0	0.99
100℃	6,992	9.36	0.91	9,068	13.8	0.92
150℃	6,713	8.06	0.88	8,011	12.1	0.82
200℃	5,672	7.27	0.73	6,876	13.3	0.70
230℃／250℃*	4,313	11.6	0.56	4,157	31.2	0.43
樹種	ベイマツ			ケヤキ		
温度条件	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 (平均)	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 (平均)
常温	12,018	4.03	1.0	10,516	15.2	1.0
100℃	10,552	4.46	0.88	9,155	13.0	0.87
150℃	9,961	5.86	0.83	8,503	15.1	0.81
200℃	9,052	5.46	0.76	5,652	21.4	0.53
250℃	5,980	15.2	0.50	3,283	29.8	0.31

\* スギは230℃、カラマツ・ベイマツ・ケヤキは250℃の値を記載する。

注) 変動係数[%] = (標準偏差  $S$  / 平均値  $\mu$ ) × 100



スギ、カラマツ、ベイマツ及びケヤキの全ての樹種において、試験体の温度上昇に伴い、ヤング係数が徐々に低下した。いずれの樹種も、常温時ヤング係数の分布範囲は、スギでは 6,483～9,085  $[\text{N/mm}^2]$ 、カラマツでは 7,135～11,690  $[\text{N/mm}^2]$ 、ベイマツでは 11,280～12,850  $[\text{N/mm}^2]$ 、ケヤキでは 7,956～13,400  $[\text{N/mm}^2]$  であるのに対し、200℃以上では、スギで 6,359  $[\text{N/mm}^2]$  以下、カラマツで 9,126  $[\text{N/mm}^2]$  以下、ベイマツで 9,759  $[\text{N/mm}^2]$  以下、ケヤキで 7,922  $[\text{N/mm}^2]$  以下と常温時よりも低い範囲に分布する結果となった（図 3.3-1～4）。これは、木材が 200℃付近で熱分解による成分変化の影響を受ける<sup>13)</sup>ためと考えられる。

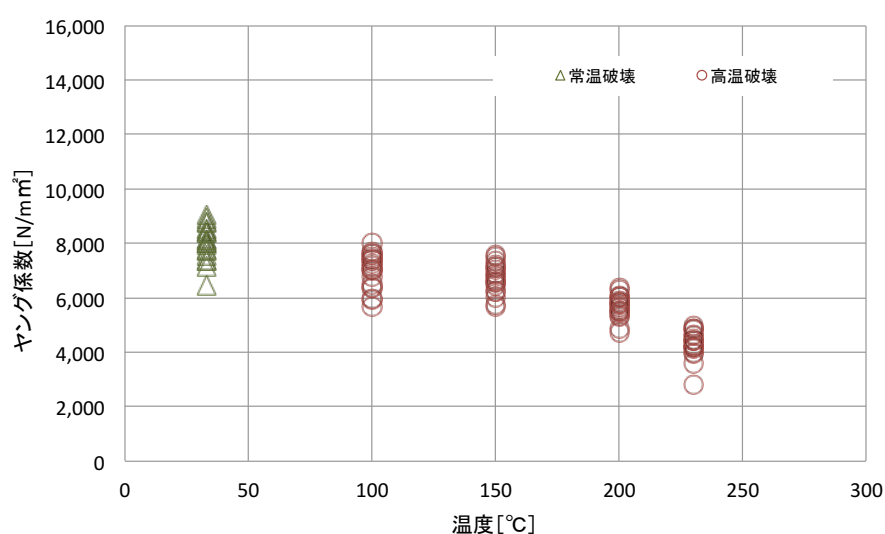


図3.3-1 高温時ヤング係数と温度条件（スギ）

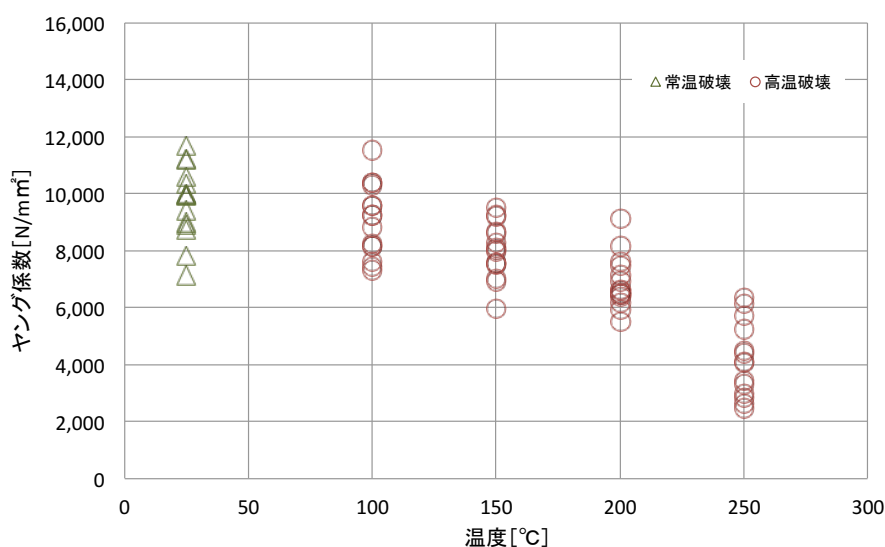


図3.3-2 高温時ヤング係数と温度条件（カラマツ）

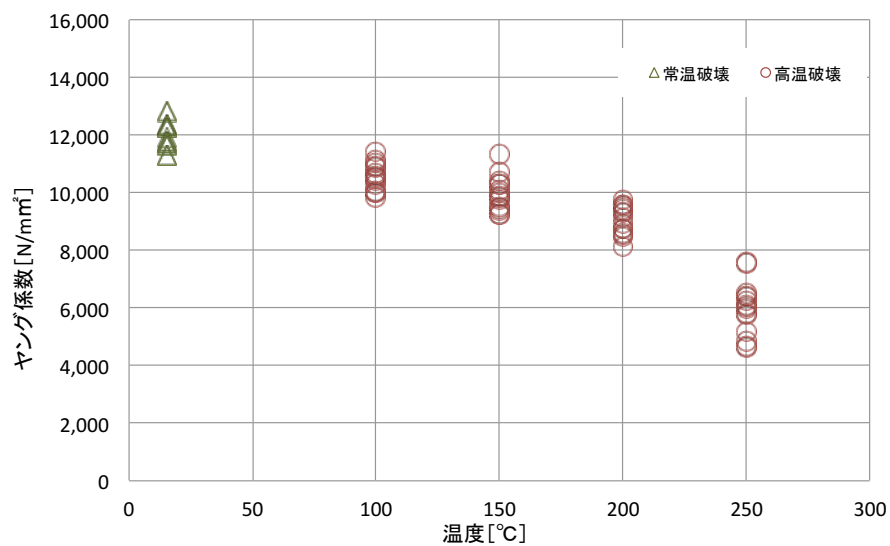


図3.3-3 高温時ヤング係数と温度条件 (バイマツ)

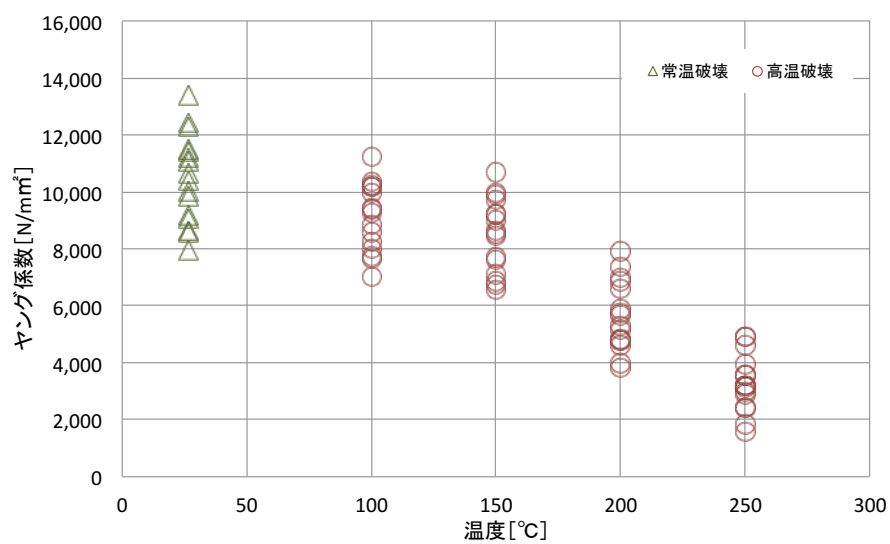


図3.3-4 高温時ヤング係数と温度条件 (ケヤキ)

樹種別の高温時ヤング係数残存率  $R_{E,d}(t)$  を図 3.3-5～8 に示す。スギ、カラマツ、ベイマツ及びケヤキの全ての樹種において、試験体の温度が上昇するに伴い、ヤング係数残存率  $R_{E,d}(t)$ （以下、残存率）が徐々に低下した。いずれの樹種も、温度が 150℃ の場合は、残存率  $R_{E,d}(t)$  の平均は 0.80 以上であるが、200℃ または 250℃（スギは 230℃）になると、残存率  $R_{E,d}(t)$  の温度に対する低下率が 0.52～0.57%/K と、ほぼ全ての試験体の残存率が 0.80 以下となり、特にケヤキは、全ての試験体が 0.62 以下と低下が顕著となった。なお、図 3.3-5,7,8 には、スギ、ケヤキの小試験体やベイマツ集成材はりの既往研究<sup>1),3),6)</sup>の報告値も記載したが、いずれの値も本実験の結果に近いことがわかる。

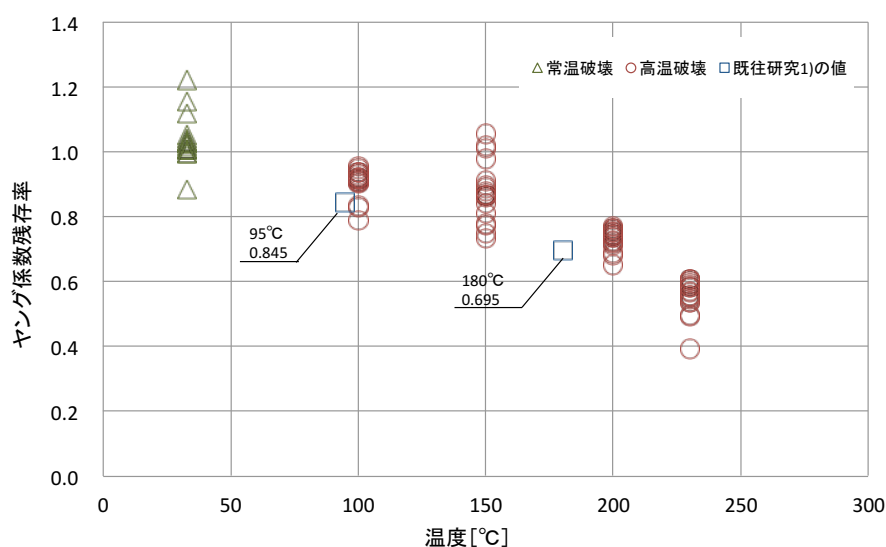


図3.3-5 高温時ヤング係数残存率と温度条件（スギ）

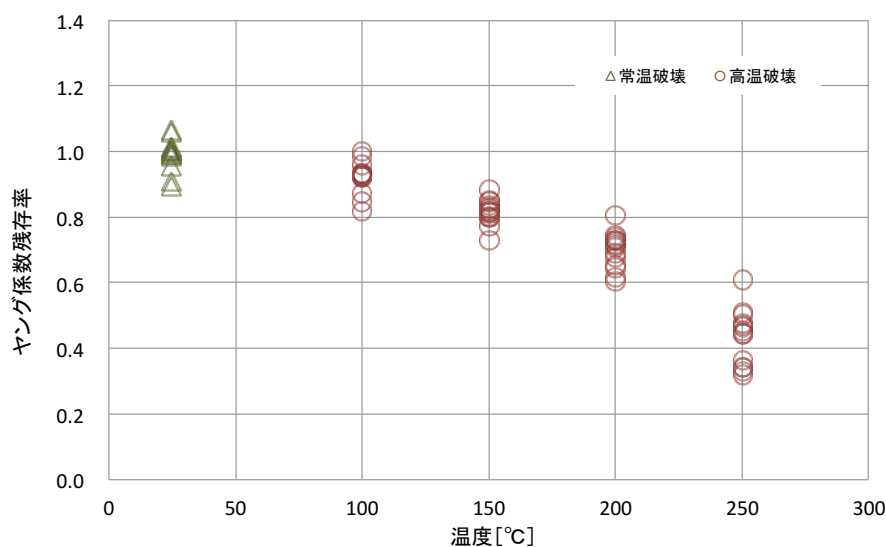


図3.3-6 高温時ヤング係数残存率と温度条件（カラマツ）

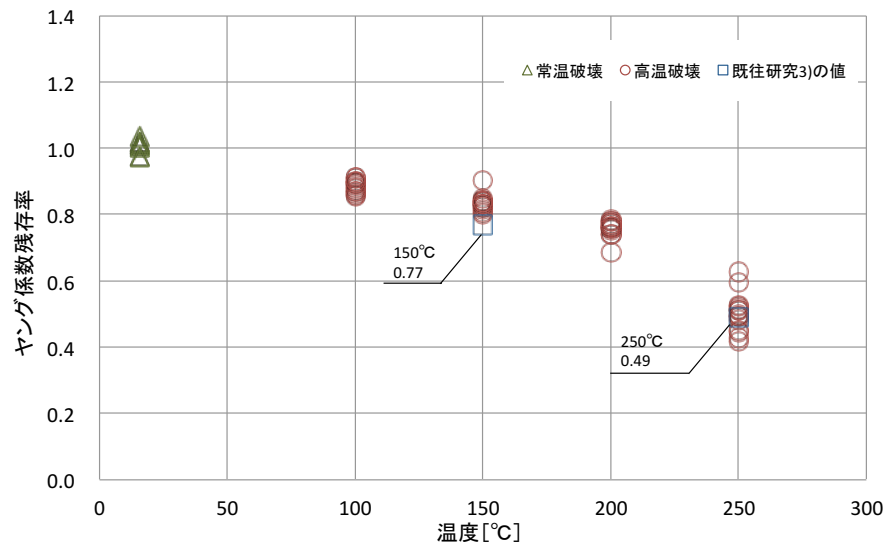


図3.3-7 高温時ヤング係数残存率と温度条件（バイマツ）

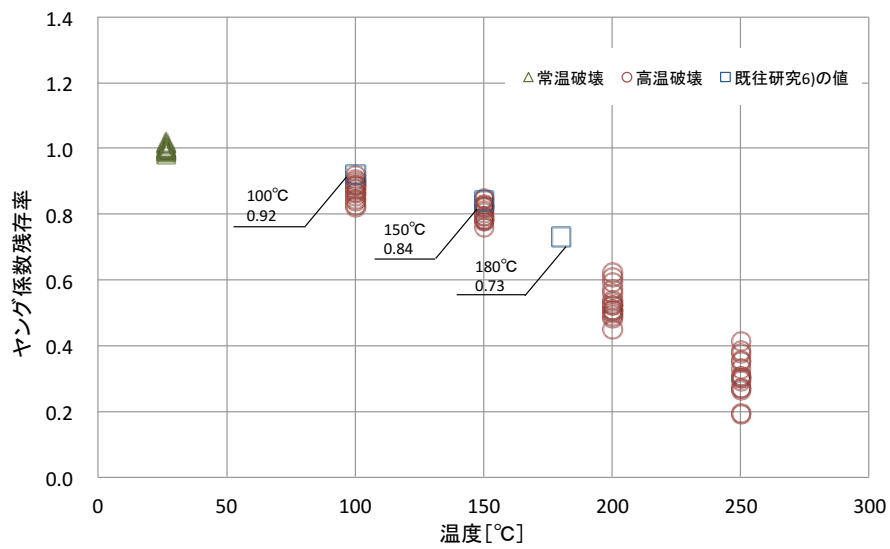


図3.3-8 高温時ヤング係数残存率と温度条件（ケヤキ）

### 3.3.2 曲げ強さ

高温時曲げ強さ  $B_{d,t}$  及び残存率  $R_{B,d}(t)$  を表 3.3-2、図 3.3-9～16 に示す。本実験の曲げ強さは、第 2 章に記載する下式 <sup>11)</sup> (2.2-2) を用いて破壊試験により算定した。また曲げ強さは試験体が破壊した際の荷重により算出することから、同一の試験体で各条件での比較ができないため、各温度条件で測定した試験体群の曲げ強さを常温で測定した試験体群の値と比較し、火災加熱が曲げ強さに及ぼす影響を把握する方針とした。高温時曲げ強さ残存率  $R_{B,d}(t)$  は、下式 (2.2-7) により算定する。

$$\text{曲げ強さ } \sigma \text{ [N/mm}^2\text{]} = \frac{P_{max} l}{4Z} \quad (2.2-2)$$

$P_{max}$ : 最大荷重 [N],  $l$ : 支持点間距離 [mm],  $Z$ : 断面係数 [mm<sup>3</sup>]

$$\text{高温時曲げ強さ残存率 } R_{B,d}(t) = \frac{\text{高温時曲げ強さの平均値 } B_{d,t}}{\text{常温時曲げ強さの平均値 } B_{d,a}} \quad (2.2-7)$$

表 3.3-2 100℃以上における曲げ強さの結果一覧

樹種	スギ			カラマツ		
温度条件	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率
常温	81.39	10.3	1.0	117.0	13.9	1.0
100℃	60.28	7.62	0.74	88.22	17.6	0.75
150℃	52.19	11.1	0.64	66.75	13.1	0.57
200℃	37.55	7.80	0.46	47.98	18.4	0.41
230℃／250℃*	24.42	9.55	0.30	22.27	24.7	0.19

樹種	ベイマツ			ケヤキ		
温度条件	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率
常温	121.7	7.86	1.0	127.3	11.7	1.0
100℃	73.31	6.68	0.60	83.15	16.7	0.65
150℃	70.71	7.97	0.58	72.69	14.5	0.57
200℃	59.26	7.93	0.49	38.95	23.0	0.31
250℃	30.29	15.4	0.25	18.59	20.6	0.15

\* スギは230℃、カラマツ・ベイマツ・ケヤキは250℃の値を記載する。

注) 変動係数[%] = (標準偏差  $S$  / 平均値  $\mu$ )  $\times$  100

曲げ強さは、全ての樹種において、試験体の温度上昇に伴い徐々に低下した。しかしながら、樹種ごとの常温時曲げ強さの分布範囲は、スギ 63.37～94.29 [N/mm<sup>2</sup>]、カラマツ 88.04～143.5 [N/mm<sup>2</sup>]、ベイマツ 97.91～132.9 [N/mm<sup>2</sup>]、ケヤキ 108.5～155.5 [N/mm<sup>2</sup>] であるのに対し、100℃ではスギ 50.51～67.04 [N/mm<sup>2</sup>]、カラマツ 50.98～111.4 [N/mm<sup>2</sup>]、ベイマツ 59.96～80.75 [N/mm<sup>2</sup>]、ケヤキ 63.11～111.4 [N/mm<sup>2</sup>] と、ヤング係数よりも低い温度で低下することが明らかとなった（図 3.3-9～12）。これは、200℃付近の熱分解による成分変化に加え、木材は 100℃付近より熱軟化による影響を受ける<sup>13)</sup>ためと考えられる。

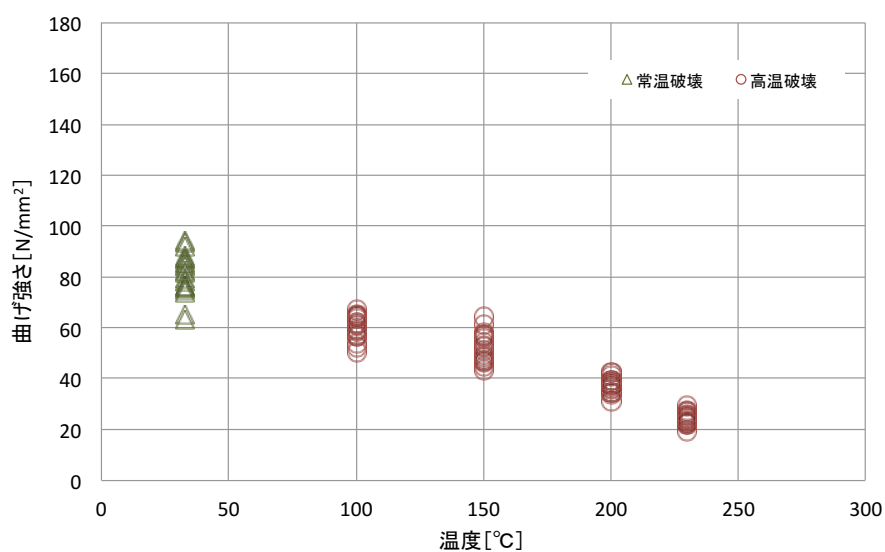


図3.3-9 高温時曲げ強さと温度条件（スギ）

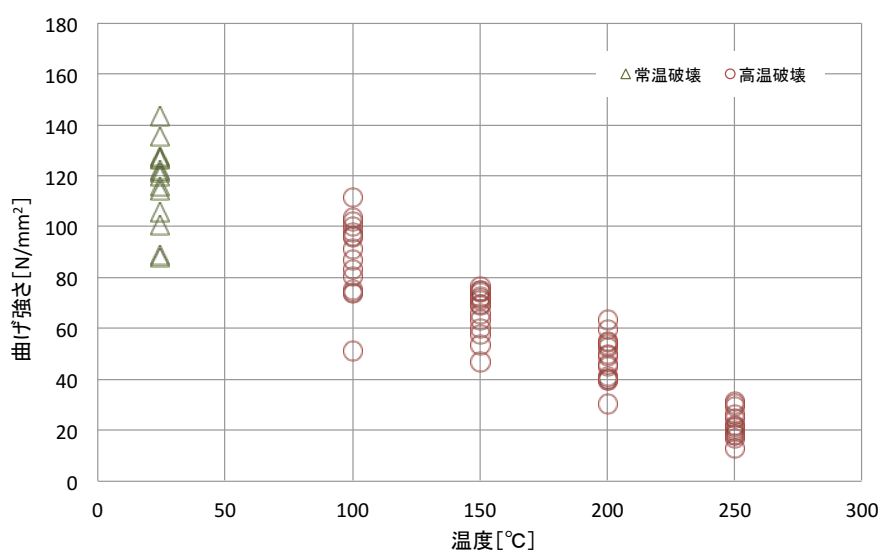


図3.3-10 高温時曲げ強さと温度条件（カラマツ）

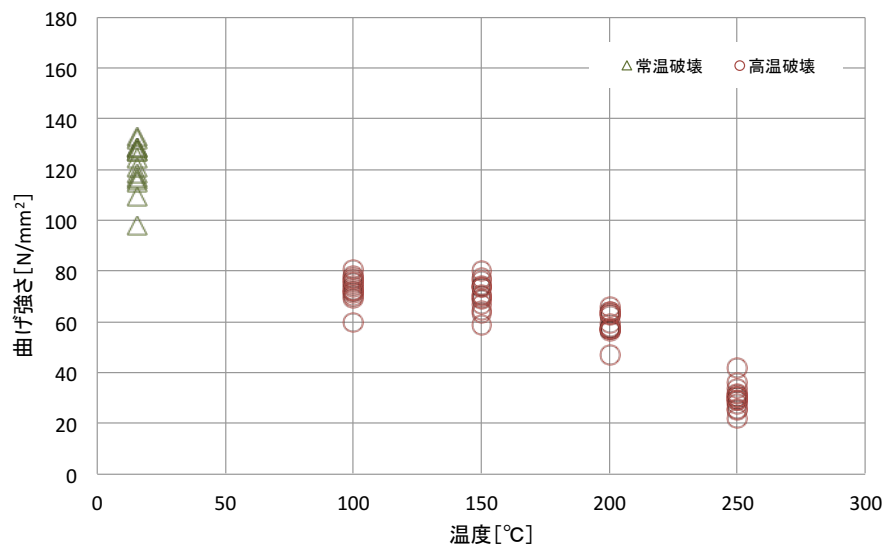


図3.3-11 高温時曲げ強さと温度条件（ベイマツ）

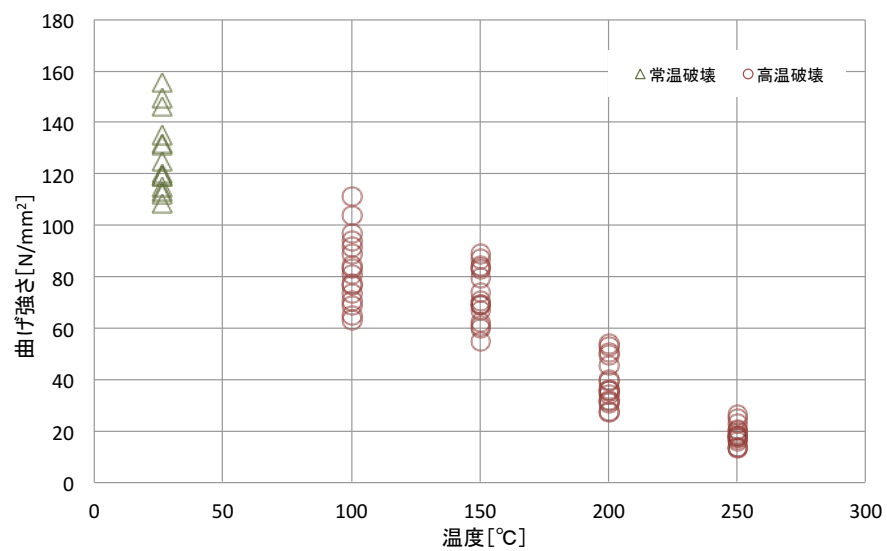


図3.3-12 高温時曲げ強さと温度条件（ケヤキ）

高温時曲げ強さ残存率  $R_{B,d}(t)$  を図 3.3-13～16 に示す。いずれの樹種においても、試験体の温度上昇に伴い曲げ強さが低下したが、100℃での残存率  $R_{B,d}(t)$  が 0.60～0.75 と、ヤング係数より低い温度で低下し始めた。またいずれも 200℃では残存率  $R_{B,d}(t)$  が 0.50 以下、250℃（スギは 230℃）では 0.30 以下にまで低下したが、針葉樹材の 3 樹種に比べ、ケヤキは残存率の低下は、1～2 割程度大きく、高温時曲げ強さの低下がより顕著である。

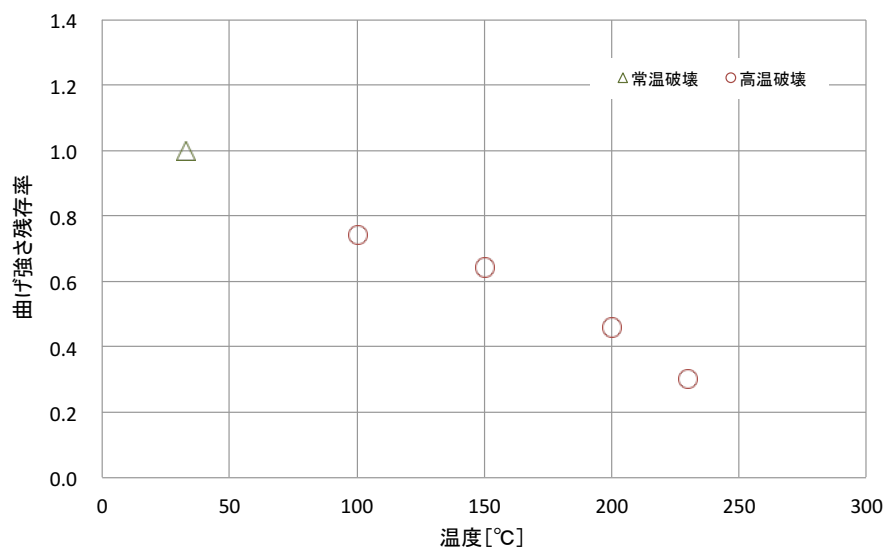


図3.3-13 高温時曲げ強さ残存率と温度条件（スギ）

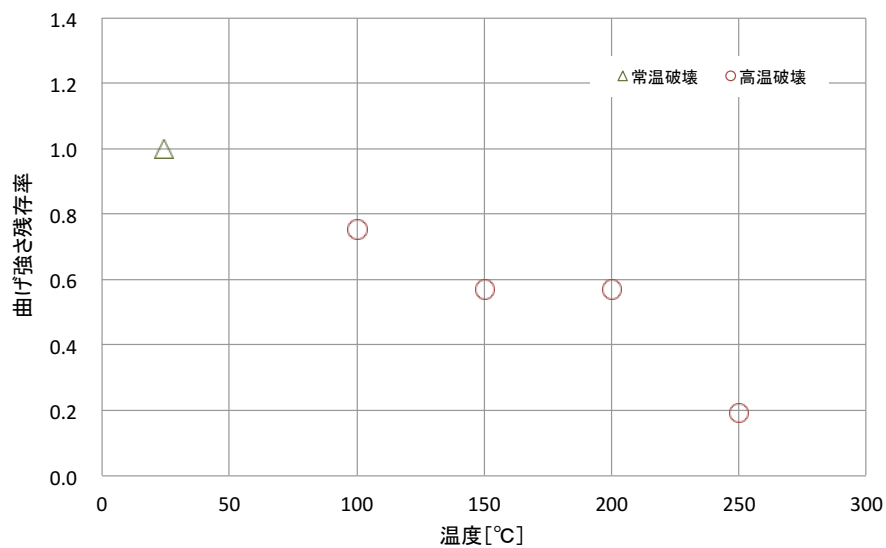


図3.3-14 高温時曲げ強さ残存率と温度条件（カラマツ）



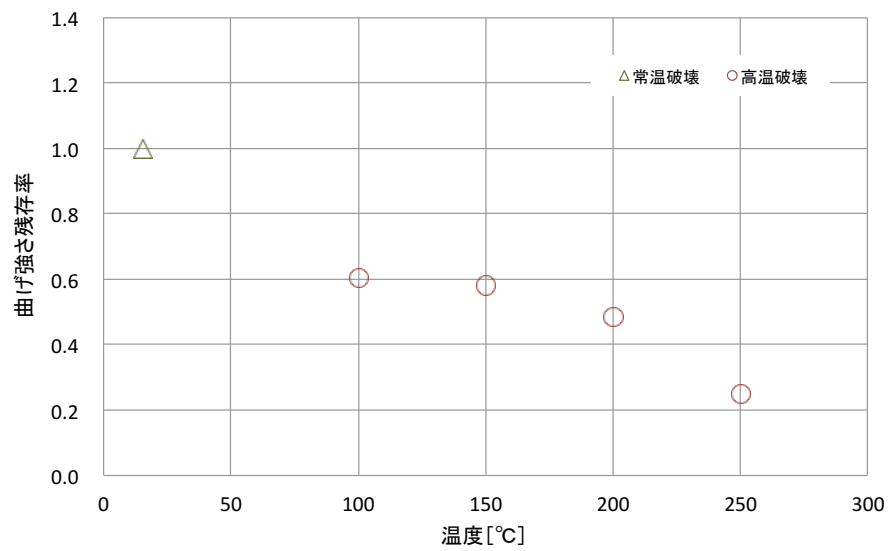


図3.3-15 高温時曲げ強さ残存率と温度条件（ベイマツ）

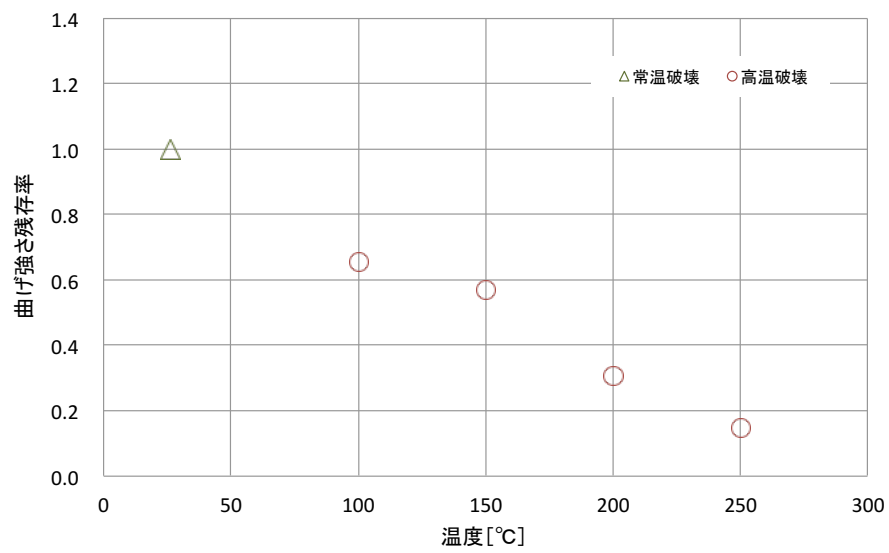


図3.3-16 高温時曲げ強さ残存率と温度条件（ケヤキ）

### 3.3.3 荷重-たわみの関係

樹種ごとの荷重-たわみの代表例を図 3.3-17～20 に示す。4 樹種全てにおいて、100℃以上の温度条件においても荷重-たわみの関係は、常温時と同じ傾向を示した。すなわち、荷重とたわみが直線的な比例関係にある領域（以下、線形領域とする）と両者の関係が緩やかな曲線域（以下、非線形領域とする）からなり、最終的に最大荷重により試験体が破断に至る（以下、破壊点とする）。破壊点に到達した後は、いずれの温度においても荷重が急激に低下し、破壊点の値は、試験体の温度上昇に伴い低下し、最高温度の 250℃（スギは 230℃）では、樹種を問わず、最大荷重及びたわみは、各々  $P=0.5$  [kN]、 $\varepsilon=5$  [mm] 程度まで低下する結果となった。また、非線形領域では、試験体上面の圧縮側に破壊が生じ始め、試験体下面の引張側が破断した際に破壊点に至ることが目視により確認できた。

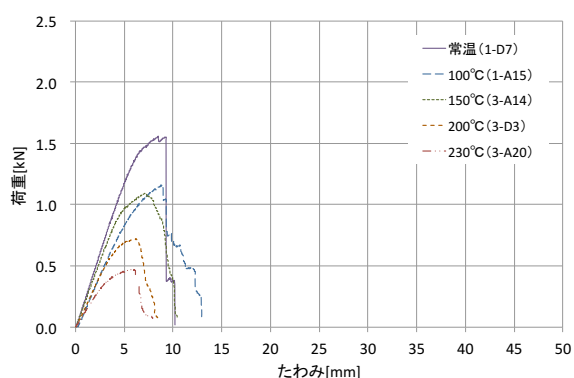


図3.3-17 荷重-たわみ関係  
(スギ)

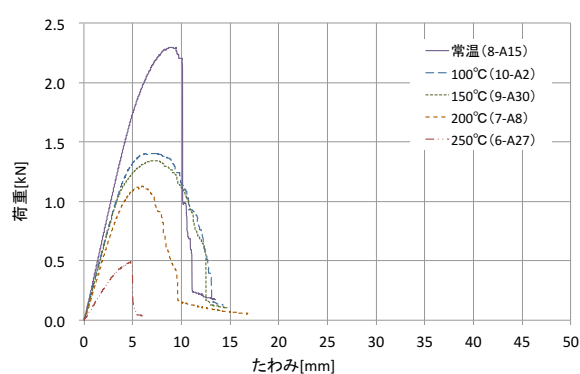


図3.3-19 荷重-たわみ関係  
(バイマツ)

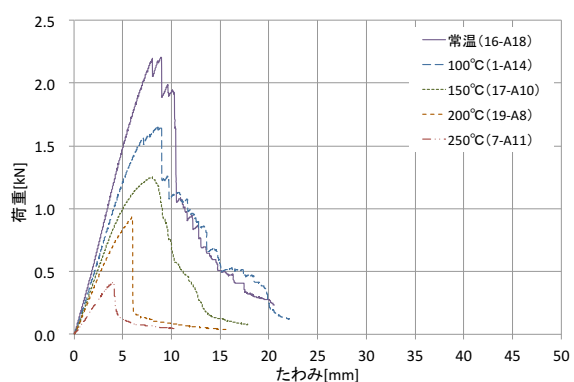


図3.3-18 荷重-たわみ関係  
(カラマツ)

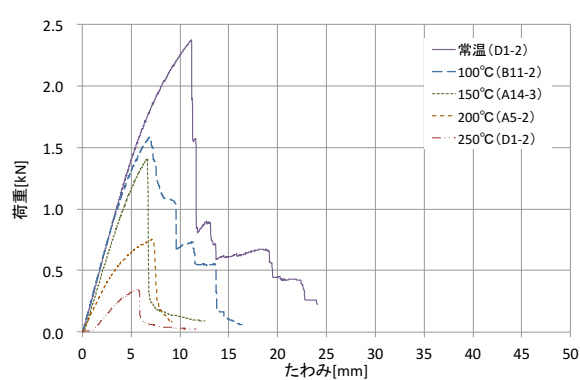


図3.3-20 荷重-たわみ関係  
(ケヤキ)

### 3.4 まとめ

100℃以上におけるスギ、カラマツ、ベイマツ及びケヤキ製材の無欠点小試験体を用いた曲げ試験により、木材の力学的特性について以下の知見を得た。

- (1) 全ての樹種において、常温からの温度上昇に伴いヤング係数が低下する
- (2) 高温時ヤング係数は、200℃以上の温度条件において、ほぼ全ての試験体の残存率が 0.80 以下となり、特にケヤキは、全ての試験体が 0.62 以下と著しく低下する。
- (3) 全ての樹種において、常温からの温度上昇に伴い曲げ強さが低下する。
- (4) 高温時曲げ強さは、いずれの樹種も、残存率が 100℃で 0.60～0.75 とヤング係数に比べて低温で低下が始まる。また、いずれの樹種においても 200℃では残存率が 0.50 未満にまで低下するが、針葉樹材の 3 樹種に比べ、ケヤキは残存率の低下は 1～2 割程度大きい。
- (5) いずれの温度・樹種においても、破壊点に至るまでの荷重-たわみの関係は、常温時と同じ傾向を示し、また試験体の温度上昇に伴い破壊点は低下する。

### 第3章の参考文献

- 1) 上杉三郎：スギ材の 180℃以下加熱における曲げ性能，日本木材学会誌 Vol.38、No.11, pp.985-994, 1992.11
- 2) 中村賢一・最上滋二・竹生敏俗・宮林正幸：構造用集成材の耐火性能（第5報），日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），pp.827-828, 1986.8
- 3) 中村賢一・最上滋二・竹生敏俗・宮林正幸：構造用集成材の耐火性能（第6報），日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），pp.787-788, 1987.10
- 4) 橋本寛・斉藤宏文：高温下木材の縦引張強さ、日本建築学会東北支部研究報告集, pp.361-364, 1996.6
- 5) 日本建築学会：構造材料の耐火性ガイドブック 2009, 丸善, 2009.3
- 6) 保川みずほ・安井昇・鈴木あさ美・長谷見雄二・亀山直央・豊田康二・門岡直也・上川大輔・腰原幹雄・小野徹郎：大断面広葉樹（ケヤキ）製材による軸組柱の防耐火性能予測に関する研究，日本建築学会環境系論文集 第 685 号, pp.633-638, 2013.3
- 7) 安井昇・清水真理子・長谷見雄二・村上 雅英・上島 基英・木村 忠紀・北後 明彦・田村佳英・吉田 正友・山本 幸一：柱圧縮試験による木造土壁の火災加熱時の非損傷性予測と木造土壁外壁の防火設計，日本建築学会環境系論文集 第 574 号, pp.1-6, 2003.12
- 8) 清水真理子・長谷見雄二・村上雅英・安井昇：木造真壁の耐火性能予測，日本建築学会構造系論文集，第 611 号, pp.165-170, 2007.1
- 9) 安井昇・長谷見雄二・平井宏幸・渡邊圭太・腰原幹雄・澤野恵直・小川敦史・木村忠紀・山本幸一：横架材の加熱後曲げ応力度予測に基づく伝統木造床の防耐火設計と梁長さ・間隔の拡張可能性，日本建築学会構造系論文集 第 642 号, pp.1523-1529, 2009.8
- 10) 保川みずほ・安井昇・鈴木あさ美・長谷見雄二・亀山直央・豊田康二・門岡直也・腰原幹雄・小野徹郎・遊佐秀逸：大断面広葉樹（ケヤキ）製材による寺院建築仕様軸組の防耐火性能—はり及び柱-はり接合部の載荷加熱実験—，日本建築学会技術報告集第 43 号, pp.977-982, 2013.10
- 11) 日本規格協会：JIS Z 2101 木材の試験方法, 2009
- 12) 中井孝・山井良三郎：日本産主要 35 樹種の強度的性質，林業試験所研究報告第 319 号, pp.13-46, 1982.1
- 13) 城代進・鮫島一彦：木材化学講座 4 化学, 海青社, 1993.2

## 第 4 章 100°C未満における木材の力学的特性

---

### Chapter 4. Mechanical Properties of Wood Exposed to Temperature under 100°C



## 第4章 100℃未満における木材の力学的特性

### 4.1 実験目的

木材は、1.2 既往研究で述べたように、材ごとに物性のばらつきを持つ自然材料であり、常温における力学的特性は、含水率の増加に伴い低下することが知られる<sup>1)~4)</sup>等。しかし、これまで木材の温度に対する力学的特性の低下について定量的に実験されたものは、全乾状態を対象としたものがほとんどであり、常温時における木材の含水率依存性が、温度に係らず不変でない限り、気乾状態および湿潤状態の木材は、温度に対する力学的特性の低下率が、既往研究とは異なると考えられる。一方、火災加熱を受ける木材は、内部に水蒸気圧分布が生じることで水分が低温側へと移動し、部分的に火災前の含水率よりも高い状態となることが報告されている<sup>5),6)</sup>。そのため、火災時に荷重を支持し続けることが期待される比較的低温の部分において、含水率が上昇して木構造部材の力学的性能が低下すれば、非損傷性を低下させる危険性がある。しかしながら、木材の力学的特性に対する含水率の影響は、これまで常温では品質管理への関心から研究されてきたが、高温下での影響の程度に関する研究は行われていない。

そこで本実験は、第2章で述べた火災加熱を受ける木構造部材において、炭化層内側で水分を保持し100℃未満の範囲において温度上昇している部分を想定とした木材の力学的特性を把握することを目的とする（図4.1-1）。

実験は、常温、50℃、80℃、96℃の4つの温度条件において、木材のヤング係数および曲げ強さの温度依存性および含水率依存性を把握し、さらに、高温時曲げ強さを非破壊測定可能な諸量から予測できるかを確認するために、ヤング係数との相関を検証した。これらを通じ、より系統的かつ基礎的な木材の力学的特性に関する知見を得る。

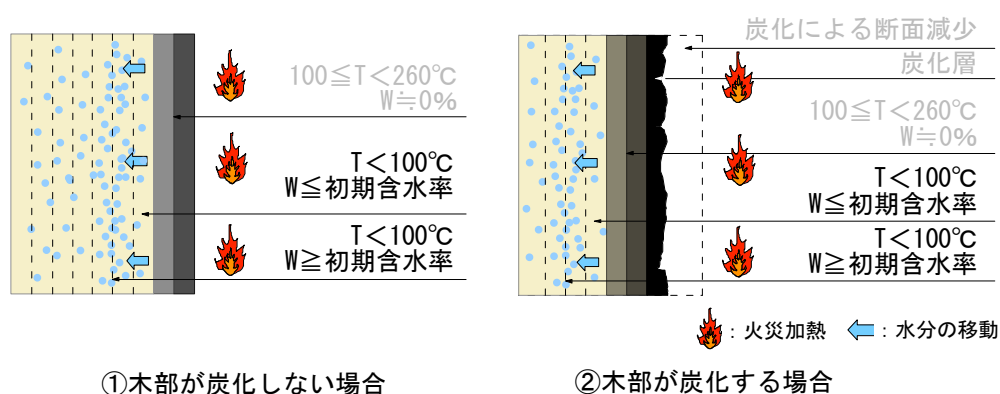


図4.1-1 火災加熱を受ける木構造部材内部に対する本実験の位置づけ部

## 4.2 実験概要

### 4.2.1 試験体の条件

2.2 で述べたように、試験体には、スギ、カラマツ、ベイマツ、ケヤキを選択し、20mm×20mm×320mm、2 方征、無欠点の木片とした。また、スギおよびケヤキの試験体は、含水率が繊維飽和点よりも十分に高い丸太および気乾状態に乾燥させた材から切り出し、カラマツおよびベイマツは、含水率が繊維飽和点よりも十分に高い丸太材より製作した。試験体の含水率は、2.2 (3) で述べたように常温時の木材の力学的特性と含水率の関係及び大断面の木構造部材において想定される含水率の範囲を考慮し、以下 4 つの試験体群を目標に調整した。実験条件ごとの試験体数を表 4.2-1 に示す。

試験体群 A：含水率  $W \leq 5\%$

試験体群 B： $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$

試験体群 C： $15\% < \text{含水率 } W \leq 30\%$

試験体群 D：含水率  $W > 30\%$

これら含水率の調整方法は、スギおよびケヤキの試験体については、試験体群 A（含水率 5%以下）及び B（含水率 5～15%）は 60℃ の恒温炉により、試験体群 C（含水率 15～30%）及び D（含水率 30%超）は養生室(温度 20℃・相対湿度 40%)での自然乾燥により各含水率範囲を目標に行った。一方、カラマツとベイマツの試験体については、高含水率の丸太より試験体を製作したが、含水率 30%前後のものは、十分な試験体数を確保することが困難であったため、一部減圧加圧処理により試験体の含水率を調整した。

また、破壊試験時の含水率は、実験終了後に全乾法により下式 (1.2-1) により算定した。実験に供せられる試験体数は上記条件の制約を受ける。なお、試験体の全乾密度(平均値)はそれぞれ、スギ 0.35g/cm<sup>3</sup> (標準偏差 0.03)、カラマツ 0.52g/cm<sup>3</sup> (標準偏差 0.03)、ベイマツ 0.49g/cm<sup>3</sup> (標準偏差 0.03)、ケヤキ 0.59g/cm<sup>3</sup> (標準偏差 0.06) である。

$$\text{含水率 } W [\%] = \frac{m_w - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1.2-1)$$

$m_w$ ：含水率  $W$  の時の質量 [g]， $m_0$ ：全乾時の質量 [g]



表4.2-1 各条件での試験体数一覧

含水率W 樹種	試験体群A W ≤ 5%				試験体群B 5% < W ≤ 15%				試験体群C 15% < W ≤ 30%				試験体群D W > 30%			
	試験体数 [本]	含水率 [%]		ヤング係数 ※※ (平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	標準偏差 (ヤング係数)	試験体数 [本]	含水率 [%]		ヤング係数 ※※ (平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	標準偏差 (ヤング係数)	試験体数 [本]	含水率 [%]		ヤング係数 ※※ (平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	標準偏差 (ヤング係数)	試験体数 [本]
		平均	最大 最小				平均	最大 最小				平均	最大 最小			
スギ	常温	4.92	5.22 4.55	8,014	1,682	16	13.0	14.0 7.20	8,252	1,475	17	23.5	29.8 18.7	7,611	546	18
	50℃	4.73	5.04 4.37	8,267	1,320	15	13.1	13.6 12.6	7,714	1,059	13	22.2	30.1 16.7	7,321	842	17
	80℃	3.66	4.04 2.62	8,538	1,303	15	12.8	13.4 12.3	7,436	1,089	14	23.8	30.4 19.6	7,577	921	16
	95℃	3.31	3.75 2.62	8,274	1,555	17	12.6	14.1 11.9	7,199	1,108	10	22.2	29.5 16.3	7,453	774	18
カラマツ	常温	3.23	5.39 2.90	9,424	665	34	10.3	15.4 5.74	10,346	773	10	26.7	29.9 20.0	9,744	1,128	22
	50℃	2.96	5.38 2.52	9,431	922	35	10.2	15.3 5.57	9,655	1,103	12	24.0	30.1 17.1	8,862	1,346	20
	80℃	4.09	4.29 3.86	9,903	609	19	12.9	15.3 11.7	9,603	970	14	25.2	30.4 18.5	9,148	966	19
	95℃	3.92	4.20 3.60	10,120	773	21	11.9	13.5 8.73	9,267	1,096	13	25.0	29.9 16.9	8,984	1,284	13
ベイマツ	常温	3.75	3.95 3.51	11,881	801	15	10.8	12.4 7.53	11,671	1,126	20	23.4	27.2 15.9	11,676	1,073	16
	50℃	4.86	5.14 4.15	11,599	1,285	18	11.3	15.4 5.63	11,057	1,313	17	24.6	27.8 16.3	10,148	1,085	16
	80℃	4.37	4.77 4.07	11,524	1,298	16	10.6	14.8 6.64	11,038	1,049	19	22.4	26.4 15.5	9,489	1,477	16
	95℃	2.49	5.08 1.92	11,591	691	16	11.5	15.2 7.94	10,324	968	18	22.2	27.6 16.1	9,338	1,315	16
ケヤキ	常温	2.13	2.72 1.79	7,793	543	21	10.9	15.4 8.45	8,556	837	20	19.0	23.9 16.0	8,251	664	19
	50℃	2.01	2.43 1.64	7,861	817	15	9.57	14.7 8.41	7,930	862	24	18.9	29.8 15.7	7,817	1,152	17
	80℃	2.02	2.45 1.83	7,878	434	13	8.95	15.2 7.91	7,887	845	23	18.3	30.1 15.5	7,715	1,041	20
	95℃	1.80	2.01 1.53	7,809	920	19	10.8	15.3 7.60	8,070	660	15	17.4	21.4 15.6	7,806	830	21

※破壊試験終了後に全乾法により算定した無欠点小試験体の含水率(不平等号において小数点以下は四捨五入とする)

※※非破壊試験により測定した無欠点小試験体の常温時ヤング係数の平均値

## 4.2.2 試験方法

試験は、第2章で述べたように JIS Z 2101「木材の曲げ試験方法」<sup>7)</sup> にならい、280mm スパンの3点曲げ方法で加力した。試験装置は、国立研究開発法人 森林総合研究所が所有する温度調整炉付きの圧縮試験機（ミネベア・テクノグラフ TG-50kN）を使用した。

実験の手順を図4.2-1に示す。まず、前述に示した方法により試験体の含水率調整を行った。更に含水率調整後の質量により、2.2.1(3)で示したA～Dの試験体群および4段階の温度グループ（a.常温（20℃）、b.50℃、c.80℃、d.95℃）に分けた後、常温下で強度が低下しない範囲（スギ、カラマツ、ベイマツ 0.25kN、ケヤキ 0.5kN）で加力する非破壊試験を行い、全試験体の常温時ヤング係数を把握した。その後、各温度下において試験体が破断に至るまで加力する破壊試験を行った。非破壊試験、破壊試験ともに載荷位置はスパンの中央部とし、載荷速度が10mm/分となるように載荷した。aグループは破壊試験を常温で行い、常温時のヤング係数及び曲げ強さを算出し、b～dのグループは、試験体内部及び雰囲気温度が所定の温度に達するのを確認した後、高温のまま破壊試験を行い、高温時ヤング係数及び曲げ強さを算出した。

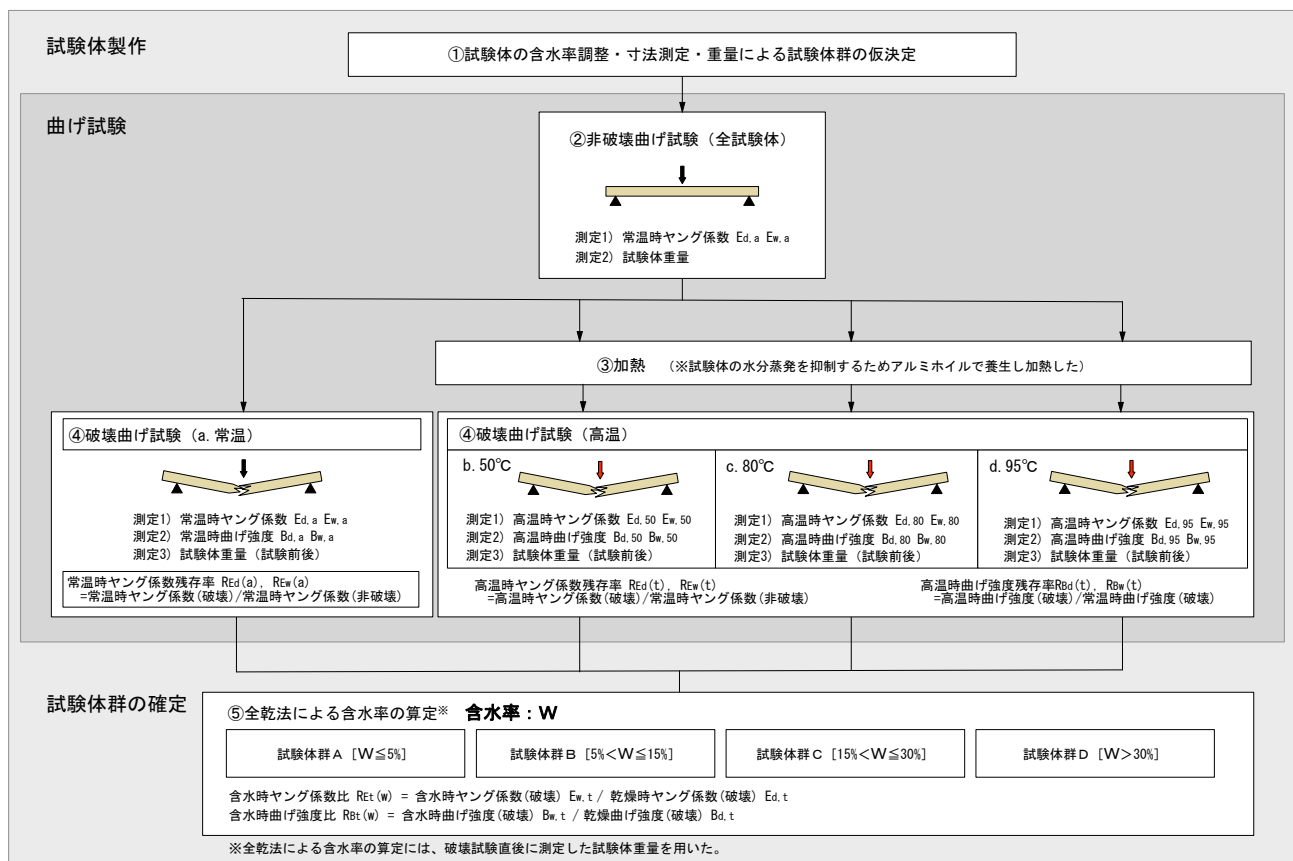


図4.2-1 実験の手順

なお、試験体の内部温度は、試験体の力学的特性に影響しない支持点の外側にシース熱電対  $\phi 1\text{mm}$  を設置し、全ての試験体で測定した（図 4.2-2）。試験体の内部温度の計測にあたっては、予め試験体と同形状の木片を用いてシース熱電対  $\phi 1\text{mm}$  により木口近傍及び中央部での内部温度を測定して、加熱に伴う温度変化に大きな差異がないことを確認し、内部温度の測定位置を決定した。破壊試験では、材内が所定の温度に達するまでにおよそ 30 分から 1 時間の時間を要した。また、破壊試験のために加熱する試験体は、材内の水分蒸発を抑制するため、アルミホイル（厚さ  $20\mu\text{m}$ ）で養生した。その際、両面テープ等での固定はせず、試験体へ巻くアルミホイルの大きさは必要最小限としており、アルミホイルの有無による測定値への影響は、試験機の計測精度や木材の物性のばらつきに比べ小さく、破壊試験への影響は無視し得るものとする。試験時の含水率は、破壊試験終了後に、乾燥炉（ $105^{\circ}\text{C}$ ）により全ての試験体を全乾状態とし、算出した。これら算定した含水率に基づき、試験体群 A～D を確定した。なお、曲げ試験中の加熱に伴う水分蒸発による質量減少は、スギで平均 0.7%、カラマツは平均 0.9%、ベイマツは平均 1.1%、ケヤキで平均 0.5%程度であった。

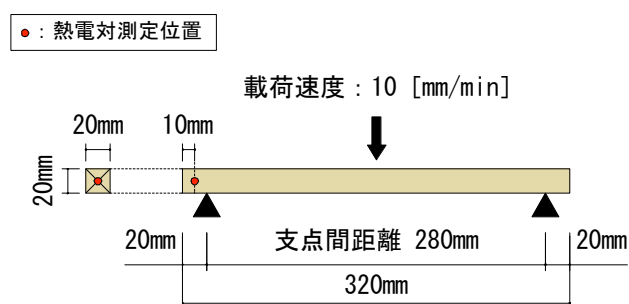


図4.2-2 試験体の内部温度測定位置

### 4.3 実験結果及び考察

以降、考察指標の定義および算定式は、2.2.3 にない記載する。また本項では、各実験条件下での測定値の図において、繊維飽和点を 30%<sup>1)~3)</sup>と仮定し、30%を境として試験体群ごとに計測データを対象とした回帰式及び相関係数  $r$  を示す。なお、実験結果の詳細値は、巻末資料の計測値一覧表にて示す。

#### 4.3.1 ヤング係数

高温時ヤング係数  $E_{w,t}$  及び残存率  $R_{E,d}(t)$  および  $R_{E,w}(t)$  を表 4.3-1、図 4.3-1～8 に示す。本実験のヤング係数は、接線法<sup>7)</sup>・下式 (2.2-1) により算出した。第 2 章で述べたヤング係数残存率算定のため、荷重変形関係より比例域の範囲を確認した上で、非破壊曲げ試験、破壊曲げ試験ともに、比例域の荷重の上限を 0.2kN、下限を 0.1kN と設定した。ただし、弾性限界の荷重が 0.2kN より小さい 95℃におけるスギ試験体群 D の破壊試験のみ、試験力を 0.05～0.1kN としヤング係数を算定した。また、試験実施時の試験体の寸法誤差が 0.3%ほどであったことから、断面寸法は 20mm×20mm と設定した。残存率は、下式 (2.2-2) および (2.2-4) により算定する。

$$\text{ヤング係数 } E \text{ [N/mm}^2\text{]} = \frac{l^3 \Delta P}{48 I \Delta S} \quad (2.2-1)$$

$l$ : 支持点間距離 [mm],  $\Delta P$ : 比例域の上限荷重と下限荷重の差 [N]

$I$ : 断面二次モーメント [mm<sup>4</sup>],  $\Delta S$ : 変位量 [mm]

含水率 5%以下の場合 (試験体群 A)

$$\text{高温時ヤング係数残存率 } R_{E,d}(t) = \frac{\text{高温時ヤング係数 } E_{d,t}}{\text{常温時ヤング係数 } E_{d,a}} \quad (2.2-3)$$

含水率 5%超の場合 (試験体群 B～D)

$$\text{高温時ヤング係数残存率 } R_{E,w}(t) = \frac{\text{高温時ヤング係数 } E_{w,t}}{\text{常温時ヤング係数 } E_{w,a}} \quad (2.2-5)$$

また、上記の温度依存性に加えて、各温度条件における含水率依存性を考察するため、含水時ヤング係数比  $R_{E,t}(w)$  を下式 (2.2-6) により各試験体群の平均値を用いて算出した。なお、ヤング係数比は、同一試験体により測定することができないため、下式の含水時ヤング係数とは、試験体群 B～D、乾燥時ヤング係数とは試験体 A における測定値の平均値を指す。

$$\text{ヤング係数比 } R_{E,t}(W) = \frac{\text{含水時ヤング係数 } E_{w,t}}{\text{乾燥時ヤング係数 } E_{d,t}} \quad (2.2-6)$$

表4.3-1 100℃未満におけるヤング係数の結果一覧

実験条件		ヤング係数							
樹種		スギ				カラマツ			
含水率 W	温度	実測値(平均) <sup>※</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 <sup>※※</sup> (平均)	係数比 <sup>※※</sup>	実測値(平均) <sup>※</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 <sup>※※</sup> (平均)	係数比 <sup>※※</sup>
W ≤ 5% (試験体群A)	常温	8,137	20.3	1.0	1.0	9,810	7.40	1.0	1.0
	50℃	7,741	15.7	0.94	1.0	9,827	13.1	1.0	1.0
	80℃	7,754	15.2	0.91	1.0	9,075	6.74	0.92	1.0
	95℃	7,391	18.9	0.89	1.0	8,789	7.90	0.87	1.0
5% < W ≤ 15% (試験体群B)	常温	8,313	17.8	1.0	1.0	10,666	6.61	1.0	1.1
	50℃	7,378	13.5	0.96	0.95	9,182	16.8	0.95	0.93
	80℃	6,276	23.2	0.84	0.81	7,996	7.53	0.84	0.88
	95℃	5,399	24.0	0.75	0.73	7,279	12.0	0.79	0.83
15% < W ≤ 30% (試験体群C)	常温	8,048	9.70	1.1	0.99	10,480	12.4	1.1	1.1
	50℃	7,082	10.1	0.97	0.91	8,141	15.7	0.93	0.83
	80℃	5,721	12.2	0.76	0.74	6,504	16.7	0.71	0.72
	95℃	4,599	12.6	0.62	0.62	4,999	21.0	0.56	0.57
W > 30% (試験体群D)	常温	7,736	16.6	1.0	0.95	10,348	12.5	1.0	1.1
	50℃	6,678	9.65	0.95	0.86	9,199	14.6	1.0	0.94
	80℃	4,831	14.8	0.66	0.62	5,618	13.1	0.70	0.62
	95℃	3,486	15.3	0.60	0.47	4,133	25.1	0.47	0.47

実験条件		ヤング係数							
樹種		ペイマツ				ケヤキ			
含水率 W	温度	実測値(平均) <sup>※</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 <sup>※※</sup> (平均)	係数比 <sup>※※</sup>	実測値(平均) <sup>※</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 <sup>※※</sup> (平均)	係数比 <sup>※※</sup>
W ≤ 5% (試験体群A)	常温	12,029	6.81	1.0	1.0	7,959	7.05	1.0	1.0
	50℃	11,549	7.88	1.0	1.0	7,627	11.4	0.97	1.0
	80℃	10,840	10.7	0.94	1.0	7,366	5.39	0.94	1.0
	95℃	10,493	7.36	0.90	1.0	6,975	12.1	0.89	1.0
5% < W ≤ 15% (試験体群B)	常温	11,590	10.1	0.99	0.96	8,648	9.16	1.0	1.1
	50℃	10,028	17.4	0.91	0.87	7,349	10.3	0.93	0.96
	80℃	8,544	19.4	0.78	0.79	6,281	12.1	0.80	0.85
	95℃	7,038	22.3	0.69	0.67	4,457	42.9	0.55	0.64
15% < W ≤ 30% (試験体群C)	常温	11,629	8.46	1.0	0.97	8,237	7.18	1.0	1.0
	50℃	9,609	14.6	0.96	0.83	7,074	15.0	0.91	0.93
	80℃	7,072	15.4	0.75	0.65	3,976	30.1	0.51	0.54
	95℃	5,484	22.4	0.59	0.52	2,760	34.1	0.35	0.40
W > 30% (試験体群D)	常温	10,517	17.0	1.1	0.87	8,841	13.8	1.0	1.1
	50℃	7,416	16.0	0.80	0.64	7,283	11.8	0.88	0.95
	80℃	5,510	28.0	0.55	0.51	3,978	14.7	0.51	0.54
	95℃	4,194	20.5	0.43	0.40	3,578	32.2	0.43	0.51

※破壊試験により測定した無欠点小試験体のヤング係数の平均値

※※残存率及び係数比、強度比の算定方法については、第2章を参照

・ 100℃未満におけるヤング係数の含水率依存性

樹種別、温度条件ごとの含水率とヤング係数の関係を表 4.3-1、図 4.3-1～4 に示す。試験体群 A、B、C（含水率 30%以下）では、含水率の増加に伴いヤング係数が低下する傾向にあり、特に 80℃、95℃では、いずれの樹種においても負の相関（相関係数-0.6 以下）を示し、含水率増加に伴うヤング係数の低下が顕著である。温度条件ごとの試験体群 B、C（含水率 5%超 30%以下）のヤング係数は、乾燥時の試験体群 A（含水率 5%以下）の平均値を基準とした含水時ヤング係数比  $R_{E,t}(w)$  で表される（表 4.3-1）。また、常温時における含水率の木材の力学的特性への影響は、木材の細胞壁内の結合水の量が増加することが大きな要因とされ、繊維飽和点は、細胞壁が結合水で飽和した状態を示す<sup>1),2)</sup>。本実験においても含水率が 30%を超える試験体群 D では、全ての樹種及び温度において、含水率の増加に伴いヤング係数が散布し、温度依存性はみられるものの、含水率依存性は小さいと考えられる。

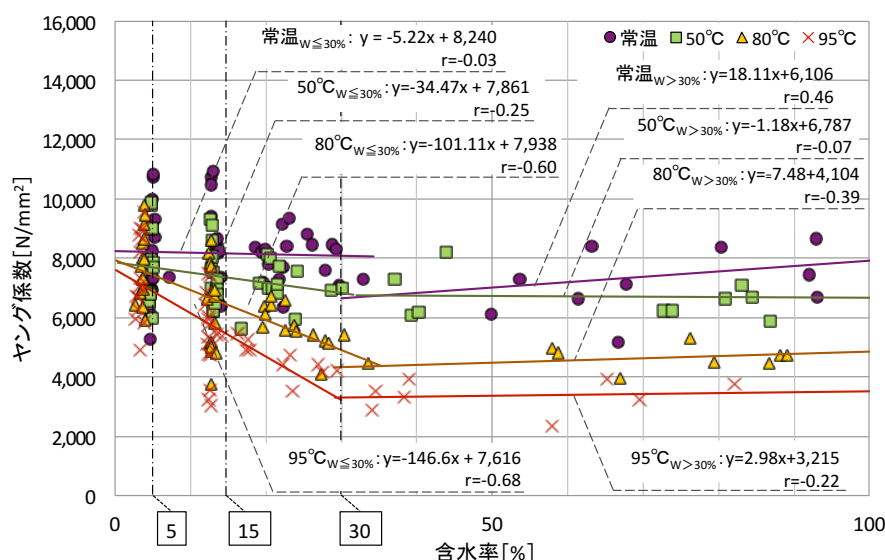


図4.3-1 温度条件ごとのヤング係数と含水率（スギ）

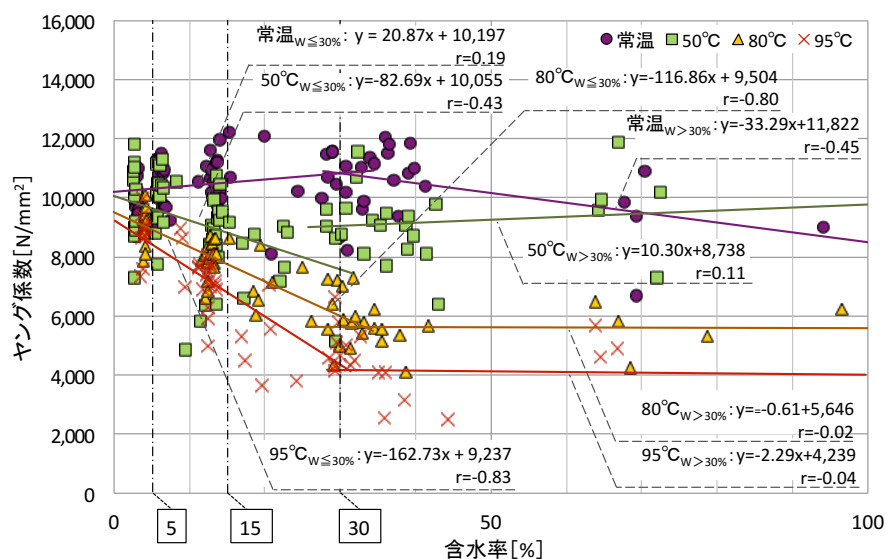


図4.3-2 温度条件ごとのヤング係数と含水率（カラマツ）

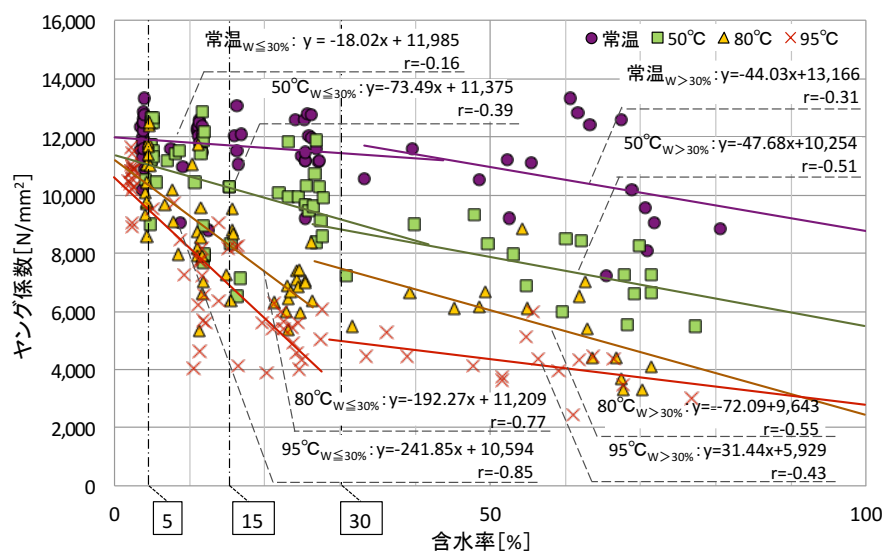


図4.3-3 温度条件ごとのヤング係数と含水率（バイマツ）

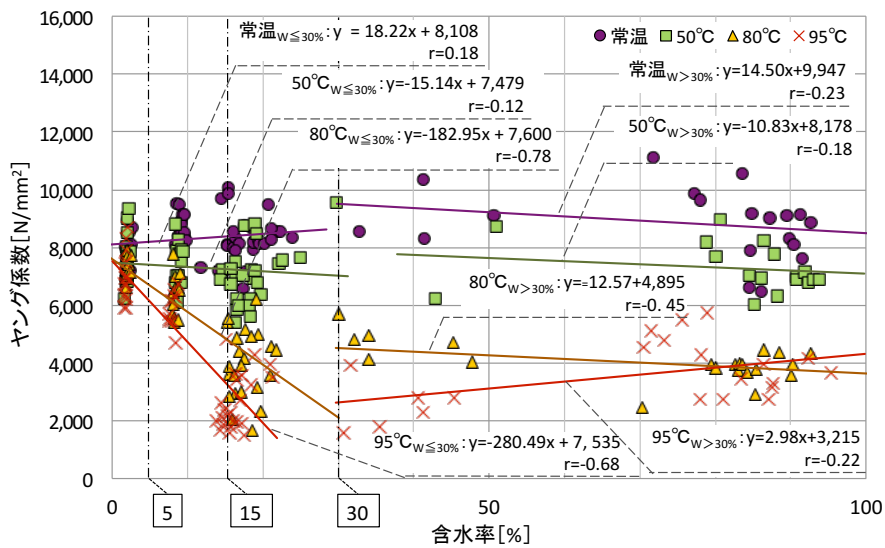


図4.3-4 温度条件ごとのヤング係数と含水率（ケヤキ）

#### ・含水率が温度に対する力学的特性に及ぼす影響

温度とヤング係数残存率の関係を樹種別・試験体群ごとに表 4.3-1、図 4.3-5～8 に示す。試験体群 A（含水率 5%以下）のヤング係数残存率は、樹種を問わず同程度であり、95℃の高温時ヤング係数残存率  $R_{E,d}(t)$  の平均値はスギで 0.89、カラマツで 0.87、ベイマツで 0.90、ケヤキで 0.89 となり、既往研究<sup>8),9)</sup>及び第 3 章の実験による木材のヤング係数の温度依存性とほぼ一致した。一方、試験体群 B、C、D（含水率 5%超）では、温度ごとに樹種により異なる傾向がみられた。まず 50℃では、残存率の平均値が 0.9 前後と樹種を問わず試験体群 A（含水率 5%以下）と同程度であるが、スギ及びケヤキでは、ほぼ全ての試験体の残存率が 0.8 以上であるのに対し、カラマツ及びベイマツの残存率は比較的広い範囲に分布し、0.5～0.6 程度に低下しているものが複数みられた。また 80℃以上の温度では、スギ、カラマツ及びベイマツは、試験体群の含水率が大きくなるに伴い、高温時ヤング係数残存率  $R_{E,w}(t)$  の平均値が徐々に小さくなる。これに対しケヤキは、試験体群 B（含水率 15 以下）に対し、試験体群 C、D（含水率 15%超）の残存率の低下が顕著であり、80℃以上では平均値で 0.51 以下となった。

これらの結果から、50℃以下の温度では、温度とヤング係数残存率の関係へ及ぼす含水率の影響は比較的小さいため、材のばらつきを考慮した上で、乾燥時のヤング係数の温度依存性により、高温時ヤング係数残存率  $R_{E,w}(t)$  を評価できると考えられる。しかし、80℃以上の温度条件ではヤング係数残存率  $R_{E,w}(t)$  は温度及び含水率の双方の変化に依存するため、乾燥時ヤング係数の温度依存性に加え、乾燥時のヤング係数に対する含水時ヤング係数比  $R_{E,t}(w)$  を考慮し評価する必要がある。最高温度である 95℃での試験体群 B、C、D（含水率 5%超）の係数比  $R_{E,t}(w)$  は、スギで各々 0.73、0.62、0.47、カラマツで 0.83、0.57、0.47、ベイマツで 0.67、0.52、0.40、ケヤキで 0.64、0.40、0.51 と、含水時ヤング係数は乾燥時ヤング係数よりも温度上昇による低下が大きいことがわかる（表 4.3-1）。



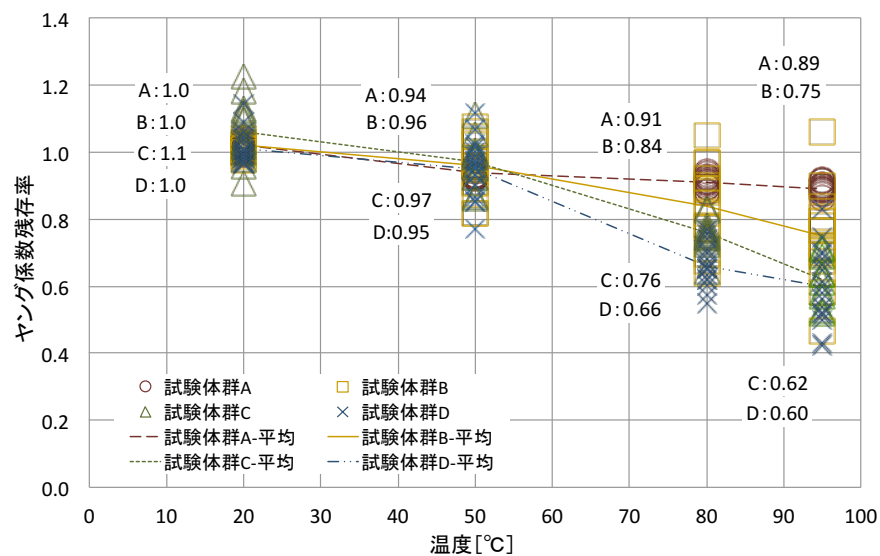


図4.3-5 試験体群ごとのヤング係数残存率と温度条件（スギ）

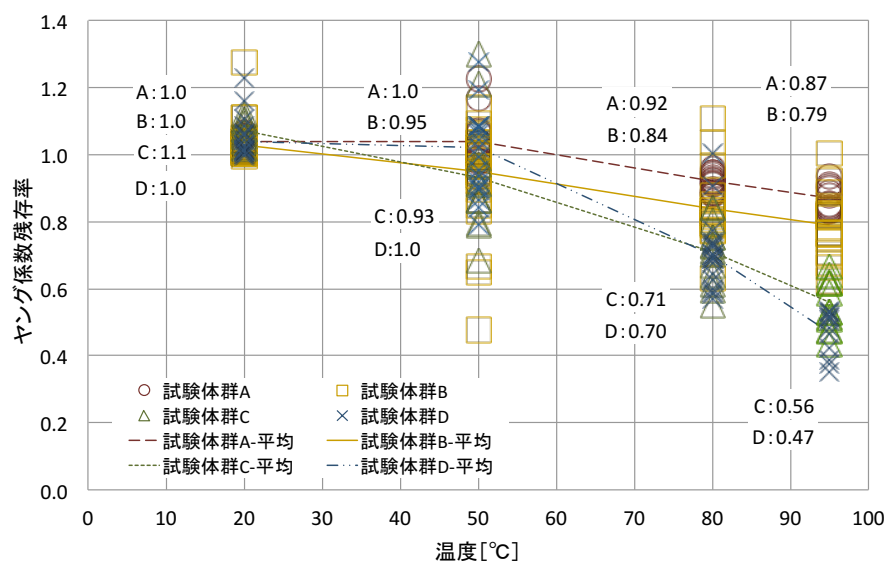


図4.3-6 試験体群ごとのヤング係数残存率と温度条件（カラマツ）

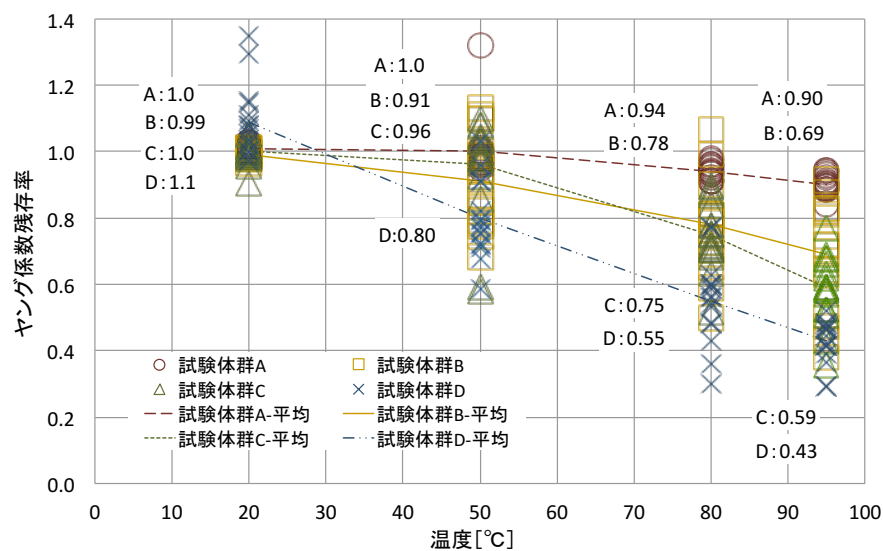


図4.3-7 試験体群ごとのヤング係数残存率と温度条件（ベイマツ）

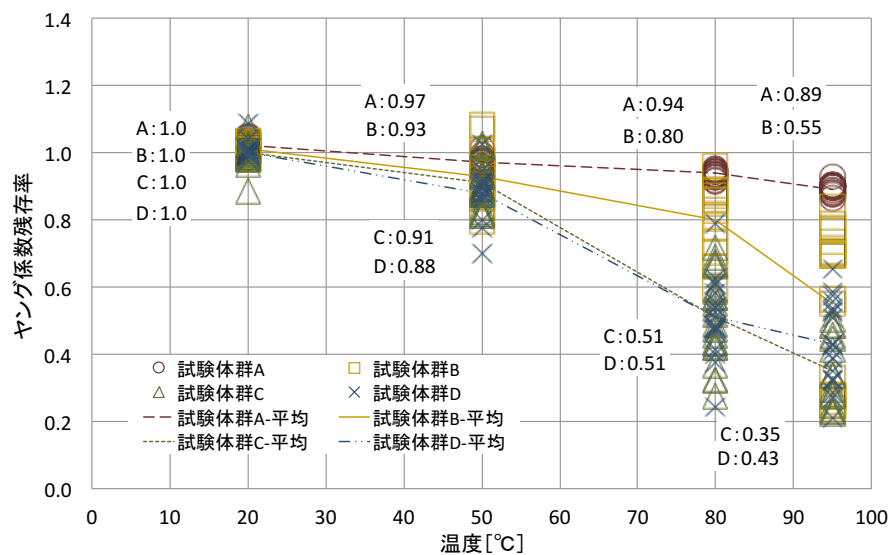


図4.3-8 試験体群ごとのヤング係数残存率と温度条件（ケヤキ）

#### 4.3.2 曲げ強さ

高温時曲げ強さ  $B_{w,t}$  及び残存率  $R_{E,d}(t)$  および  $R_{B,w}(t)$  を表 4.3-2、図 3.3-9～16 に示す。本実験の曲げ強さは、破壊曲げ試験時の最大荷重を用いて、下式<sup>7)</sup> (2.2-2) により算出した。試験体の断面寸法は 20mm×20mm と設定した。また、残存率は下式 (2.2-7) および (2.2-9) により算定する。ただし、第 2 章で述べたように、曲げ強さの値は破壊試験により算定されるため、曲げ強さ残存率  $R_{B,d}(t)$  及び  $R_{B,w}(t)$  は、常温で測定した試験体群と高温で測定した試験体群の平均値の比として算定される。なお、実験により得られた試験体ごとの詳細値は、巻末資料の計測値一覧表にて示す。

$$\text{曲げ強さ } \sigma \text{ [N/mm}^2\text{]} = \frac{P_{max} l}{4Z} \quad (2.2-2)$$

$P_{max}$  : 最大荷重 [N] ,  $l$  : 支持点間距離 [mm] ,  $Z$  : 断面係数 [mm<sup>3</sup>]

含水率 5% 以下の場合 (試験体群 A)

$$\text{高温時曲げ強さ残存率 } R_{B,d}(t) = \frac{\text{高温時曲げ強さ } B_{d,t}}{\text{常温時曲げ強さ } B_{d,a}} \quad (2.2-7)$$

含水率 5% 超の場合 (試験体群 B～D)

$$\text{高温時曲げ強さ残存率 } R_{B,w}(t) = \frac{\text{高温時曲げ強さ } B_{w,t}}{\text{常温時曲げ強さ } B_{w,a}} \quad (2.2-9)$$

また、(各温度条件における含水率依存性を考察するため、ヤング係数と同様に、含水時曲げ強さ比  $R_{B,t}(w)$  を下式 (2.2-10) により各試験体群の平均値を用いて算出した。

$$\text{曲げ強さ比 } R_{B,t}(W) = \frac{\text{含水時曲げ強さ } B_{w,t}}{\text{乾燥時曲げ強さ } B_{d,t}} \quad (2.2-10)$$

表4.3-2 100℃未満における曲げ強さの結果一覧

実験条件		曲げ強さ							
樹種		スギ				カラマツ			
含水率 W	温度	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 <sup>※※</sup>	強度比 <sup>※※</sup>	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 <sup>※※</sup>	強度比 <sup>※※</sup>
W ≤ 5% (試験体群A)	常温	72.67	19.0	1.0	1.0	114.5	14.2	1.0	1.0
	50℃	63.83	15.0	0.88	1.0	109.6	11.3	0.96	1.0
	80℃	49.80	15.5	0.69	1.0	79.75	5.99	0.70	1.0
	95℃	47.26	13.4	0.65	1.0	68.00	5.48	0.59	1.0
5% < W ≤ 15% (試験体群B)	常温	63.88	16.6	1.0	0.88	98.22	18.5	1.0	0.86
	50℃	51.79	11.2	0.81	0.81	81.84	20.7	0.83	0.75
	80℃	36.87	13.2	0.58	0.74	46.96	12.1	0.48	0.59
	95℃	27.93	14.2	0.44	0.59	38.90	16.5	0.40	0.57
15% < W ≤ 30% (試験体群C)	常温	49.04	8.47	1.0	0.67	70.46	15.0	1.0	0.62
	50℃	40.50	8.70	0.83	0.63	56.78	8.94	0.81	0.52
	80℃	25.68	12.8	0.52	0.52	32.58	15.5	0.46	0.41
	95℃	20.66	6.27	0.42	0.44	25.07	12.5	0.36	0.37
W > 30% (試験体群D)	常温	43.98	12.0	1.0	0.61	64.68	8.85	1.0	0.56
	50℃	37.35	13.4	0.85	0.59	52.86	12.2	0.82	0.48
	80℃	23.02	13.5	0.52	0.46	28.34	11.4	0.44	0.36
	95℃	17.59	14.2	0.40	0.37	21.80	10.1	0.34	0.32
実験条件		曲げ強さ							
樹種		ベイマツ				ケヤキ			
含水率 W	温度	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 <sup>※※</sup>	強度比 <sup>※※</sup>	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 <sup>※※</sup>	強度比 <sup>※※</sup>
W ≤ 5% (試験体群A)	常温	124.1	4.88	1.0	1.0	108.6	10.8	1.0	1.0
	50℃	111.1	6.09	0.90	1.0	100.7	12.5	0.93	1.0
	80℃	89.58	5.28	0.72	1.0	90.23	5.61	0.83	1.0
	95℃	84.09	7.35	0.68	1.0	81.90	11.7	0.75	1.0
5% < W ≤ 15% (試験体群B)	常温	100.4	8.34	1.0	0.81	106.5	11.6	1.0	0.98
	50℃	88.65	14.5	0.88	0.80	85.02	10.7	0.80	0.84
	80℃	65.77	18.7	0.66	0.73	58.24	11.9	0.55	0.65
	95℃	48.82	16.0	0.49	0.58	40.52	24.8	0.38	0.49
15% < W ≤ 30% (試験体群C)	常温	70.73	15.2	1.0	0.57	94.35	10.1	1.0	0.87
	50℃	54.19	15.2	0.77	0.49	66.06	10.2	0.70	0.66
	80℃	34.46	25.7	0.49	0.38	33.18	10.7	0.35	0.37
	95℃	26.90	26.2	0.38	0.32	27.33	7.49	0.29	0.33
W > 30% (試験体群D)	常温	59.14	15.1	1.0	0.48	88.07	13.3	1.0	0.81
	50℃	48.65	15.2	0.82	0.44	58.58	7.43	0.67	0.58
	80℃	33.29	12.2	0.56	0.37	32.00	6.34	0.36	0.35
	95℃	24.07	18.9	0.41	0.29	32.19	28.7	0.37	0.39

※破壊試験により測定した無欠点小試験体のヤング係数の平均値

※※残存率及び係数比、強度比の算定方法については、第2章を参照

#### ・ 100℃未満における曲げ強さの含水率依存性

樹種別、温度条件ごとの含水率とヤング係数の関係を表 4.3-2、図 4.3-9～12 に示す。含水率 30%以下の試験体群 A、B、C では、各温度下での曲げ強さの低下は樹種により異なる傾向が見られた。スギ、カラマツ及びベイマツは、いずれの温度においても負の相関（相関係数-0.72 以下）を示し、含水率の増加に伴い曲げ強さが低下することが認められる。また、各温度下の単位含水率あたりの曲げ強さの変化率は、スギで-1.34～-1.20 [(N/mm<sup>2</sup>)/%]、カラマツで-2.46～-1.77 [(N/mm<sup>2</sup>)/%]、ベイマツで-2.97～-2.62 [(N/mm<sup>2</sup>)/%] と温度に依らずほぼ同等の含水率依存性を有することがわかる。これに対しケヤキは、いずれの温度においても負の相関関係を示すが、単位含水率あたりの曲げ強さの変化率が、常温では-0.86 [(N/mm<sup>2</sup>)/%] であるのに対し、95℃では-3.42 [(N/mm<sup>2</sup>)/%] と温度が高くなるほど含水率依存性が高まる結果となった。

一方、試験体群 D（含水率 30%超）では、いずれの樹種においても、含水率の増加に伴い、曲げ強さの値が平均値の約±10.00 [N/mm<sup>2</sup>] の範囲に散布し、温度依存性はみられるものの、含水率依存性は小さいことが認められる。ただし、ケヤキの 80℃においては相関係数 0.67 と含水率と曲げ強さに一定の相関がある結果となったが、95℃とほぼ同じ範囲に分布しており、80℃以上の温度では一定値に収束する傾向にあると考えられる。なお、試験体群 D（含水率 30%超）の温度ごとにおける曲げ強さは、乾燥時の試験体群 A（含水率 5%以下）の平均値を基準とした曲げ強さ比  $R_{B,t}(w)$  で表される（表 4.3-2）。これらの結果より、いずれの樹種においても 50℃～95℃の温度では、30%付近を境に曲げ強さの含水率依存性は小さくなると考えられる。

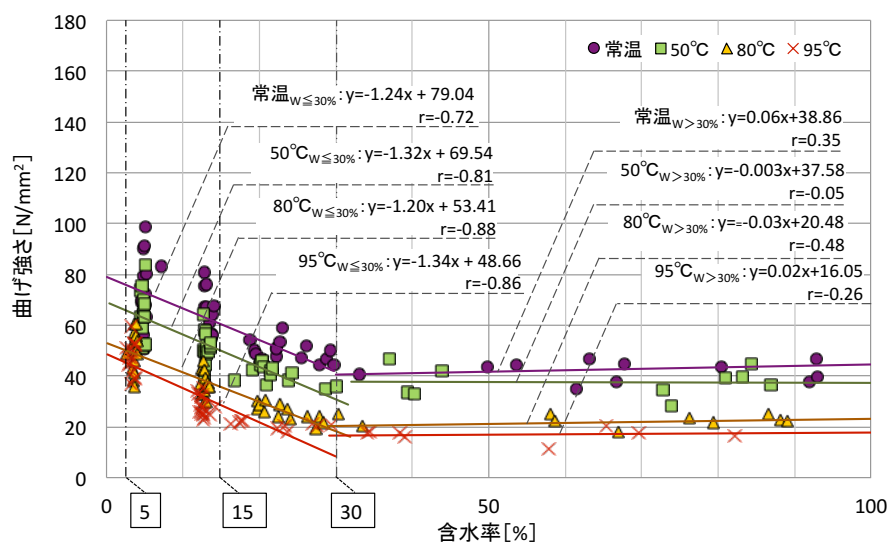


図4.3-9 温度条件ごとの曲げ強さと含水率（スギ）

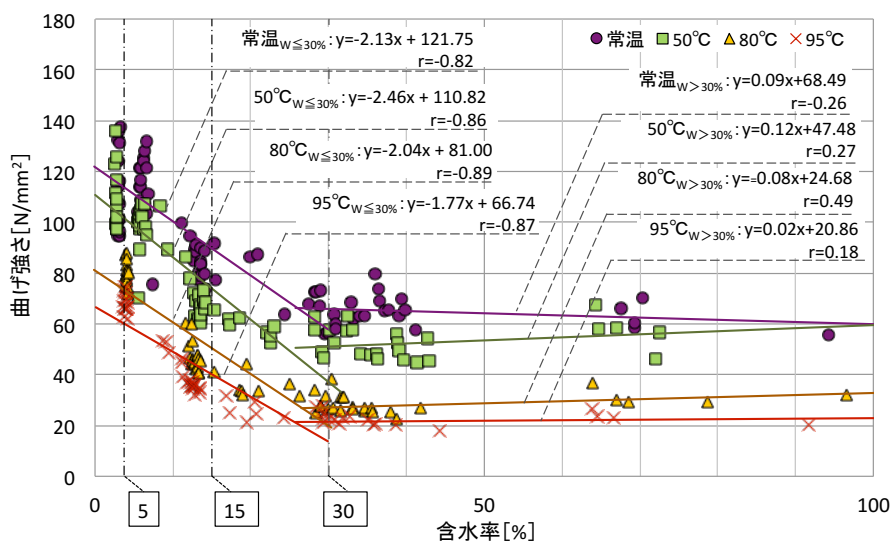


図4.3-10 温度条件ごとの曲げ強さと含水率（カラマツ）

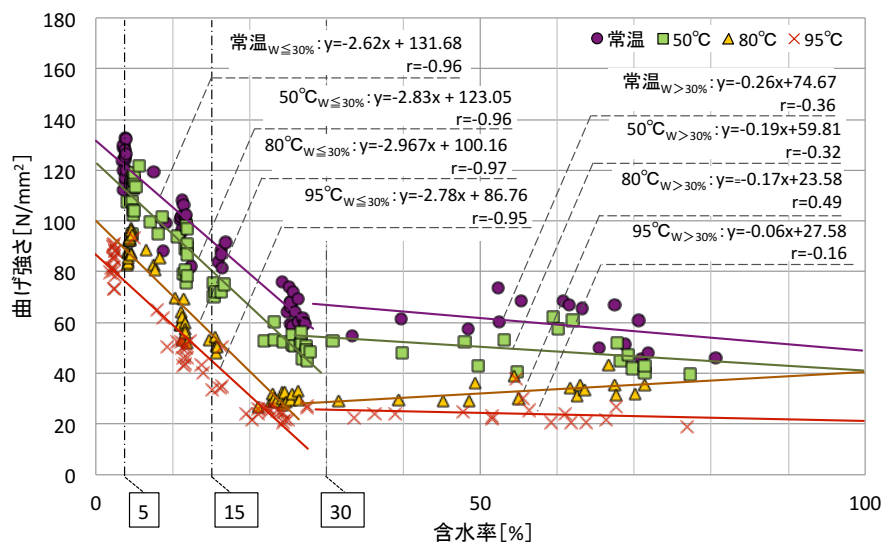


図4.3-11 温度条件ごとの曲げ強さと含水率（ベイマツ）

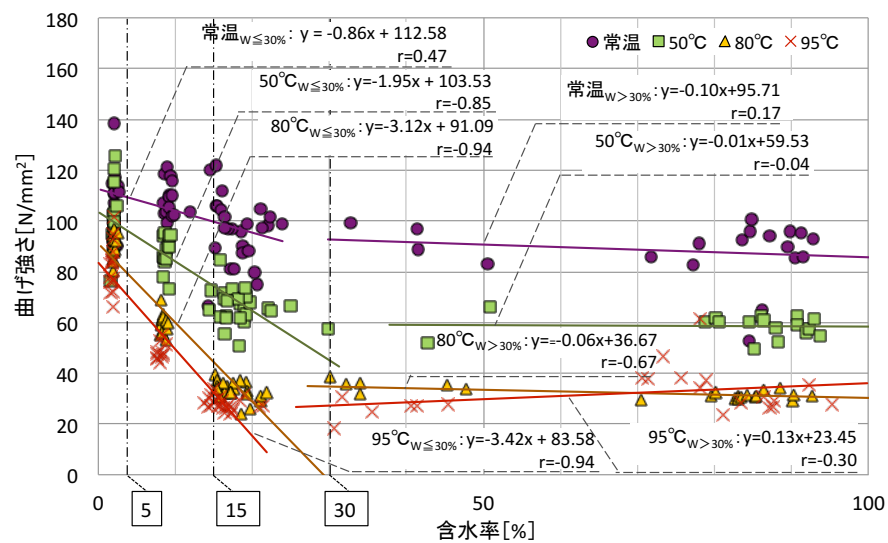


図4.3-12 温度条件ごとの曲げ強さと含水率（ケヤキ）

#### ・含水率が温度に対する力学的特性に及ぼす影響

温度と曲げ強さの関係を樹種別・試験体群ごとに表 4.3-2、図 4.3-13～16 に示す。試験体群 A（含水率 5%以下）においては、95℃での曲げ強さ残存率  $R_{B,d}(t)$  がスギで 0.65、カラマツで 0.59、ベイマツで 0.68、ケヤキで 0.75 となり、第 3 章の実験による傾向とおおよそ一致する。一方、試験体群 B、C、D（含水率 5%超）の曲げ強さ残存率  $R_{B,w}(t)$  は、いずれの樹種においても、同じ温度条件における試験体群 A（含水率 5%以下）の残存率  $R_{B,d}(t)$  と比べ値が小さく、その程度は樹種ごとに異なる傾向がみられた。スギ、カラマツ、ベイマツは、50℃での試験体群 B、C、D（含水率 5%超）の曲げ強さ残存率  $R_{B,w}(t)$  は、0.80 前後であるが、80℃以上では、スギ及びベイマツの試験体群 C、D（含水率 15%超）の残存率が 0.56 以下、カラマツの試験体群 B、C、D（含水率 5%超）の残存率  $R_{B,w}(t)$  が 0.48 以下と低下が顕著であることが認められる。一方ケヤキは、50℃以上の温度において試験体群 A（含水率 5%以下）に対し試験体群 B、C、D（含水率 5%超）の残存率が徐々に小さくなり、50℃では試験体群 C、D（含水率 15%超）の残存率  $R_{B,w}(t)$  が 0.70 以下、80℃以上では、試験体群 B、C、D（含水率 5%超）の残存率  $R_{B,w}(t)$  が 0.55 以下となる。

これらの結果から、いずれの樹種においても、曲げ強さは温度及び含水率の双方の変化に依存すると考えられ、乾燥時曲げ強さの温度依存性に加え、乾燥時に対する含水時曲げ強さ比  $R_{B,t}(w)$  を考慮し、その変化を評価する必要がある。なお、最高温度である 95℃での試験体群 B、C、D の強度比  $R_{B,t}(w)$  は、スギでは各々 0.59、0.44、0.37、カラマツで 0.57、0.37、0.32、ベイマツで 0.58、0.32、0.29、ケヤキは 0.49、0.33、0.39 と、含水時の曲げ強さは乾燥時の曲げ強さよりも加熱による低下が大きいことがわかる（表 4.3-2）。



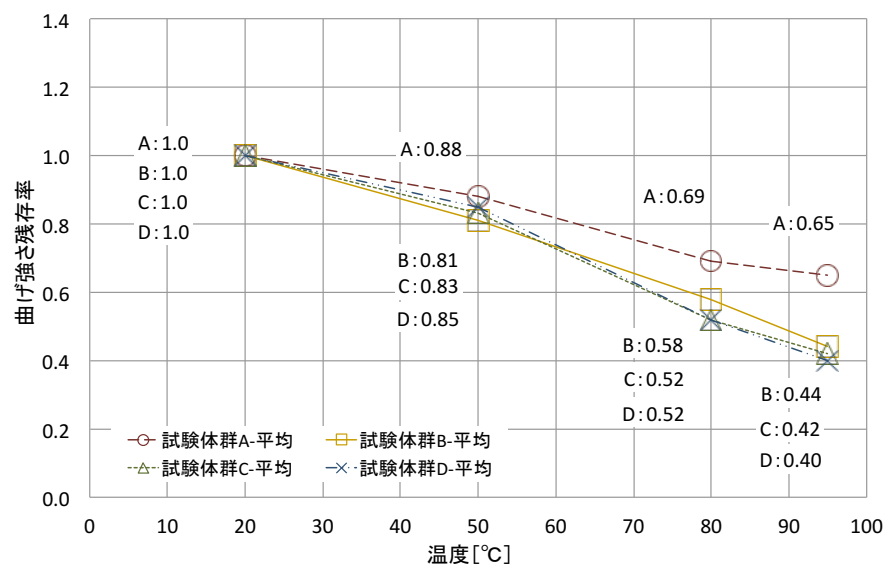


図4.3-13 試験体群ごとの曲げ強さ残存率と温度条件（スギ）

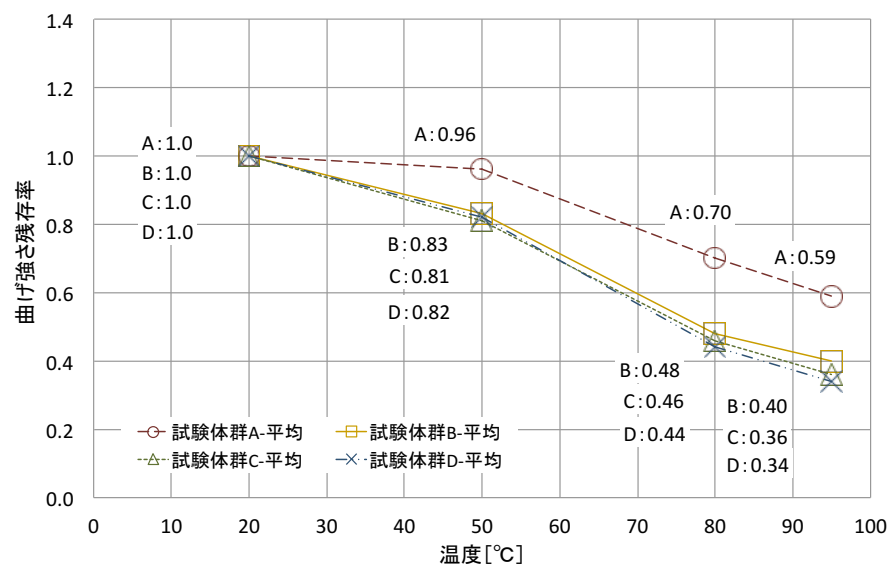


図4.3-14 試験体群ごとの曲げ強さ残存率と温度条件（カラマツ）

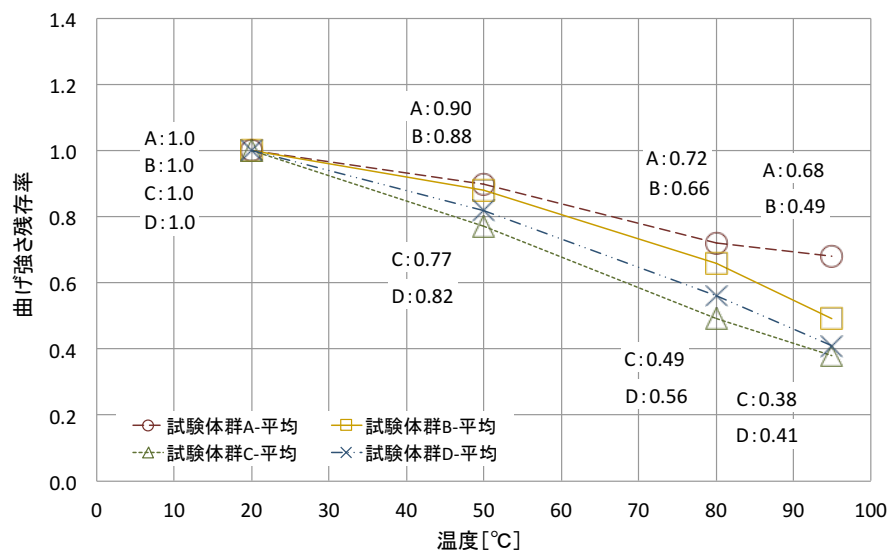


図4.3-15 試験体群ごとの曲げ強さ残存率と温度条件（バイマツ）

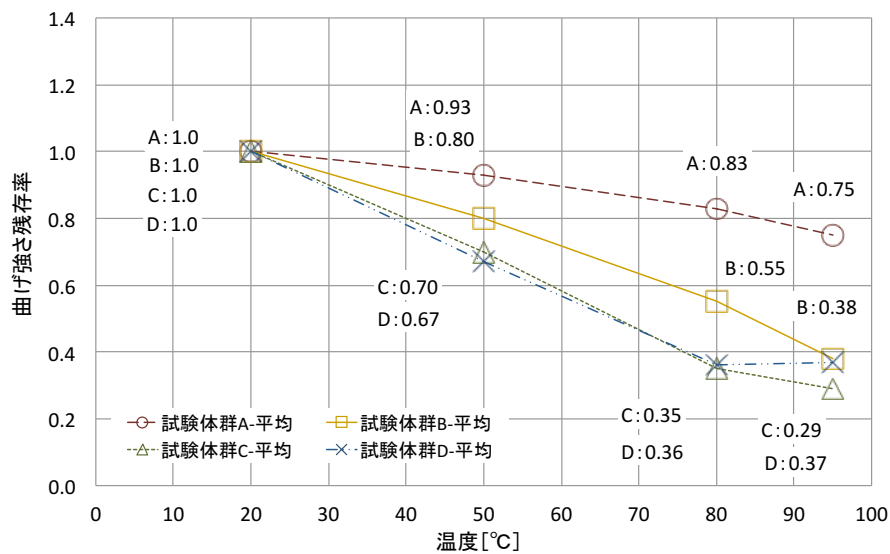


図4.3-16 試験体群ごとの曲げ強さ残存率と温度条件（ケヤキ）

#### 4.3.3 荷重-たわみの関係

温度・樹種別の荷重-たわみの代表例を図 4.3-17～32 に示す。本実験における荷重-たわみの関係は、温度上昇や含水率の増加に伴い、樹種ごとに異なる傾向を示した。

スギ、カラマツ、ベイマツは、常温では、いずれの含水率条件においても、荷重-たわみの関係は線形領域から非線形領域へ変化し、最終的に破壊点に到達した。また破壊点は含水率の増加に伴い低下した。一方 50℃以上の温度条件では、常温時と同様に荷重-たわみの関係は線形領域と非線形領域からなるが、含水率の増加に伴い線形領域が狭くなるとともに非線形領域が広くなり、破壊点に到達した後は緩やかに荷重が低下した。またケヤキは、常温では、含水率の増加に伴い最大荷重が低下し、試験体群 A、B、C（含水率 30% 以下）では、破壊点に到達した後は、荷重が急激に低下したのに対し、含水率 30%を超える試験体群 D では破壊点に到達した後も緩やかに荷重が低下した。しかし、50℃及び 80℃では、含水率 15%、95℃では含水率 5%を境界条件として、線形領域が狭くなるとともに非線形領域が広くなり、破壊点に到達した後は緩やかに荷重が低下した。

これらの結果により、100℃未満の温度条件においては、全ての樹種において、荷重-たわみの関係は、温度および含水率の双方に影響を受けることが示唆される。

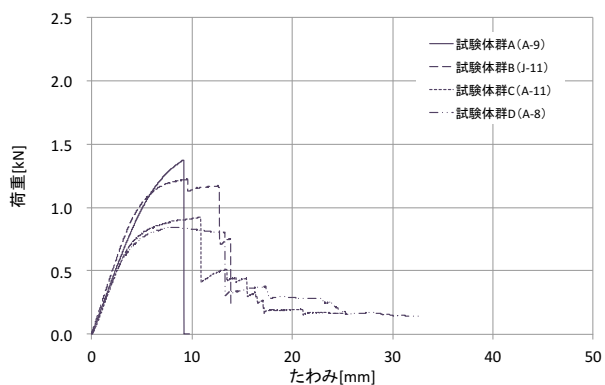


図4.3-17 荷重-たわみ関係（スギ・常温）

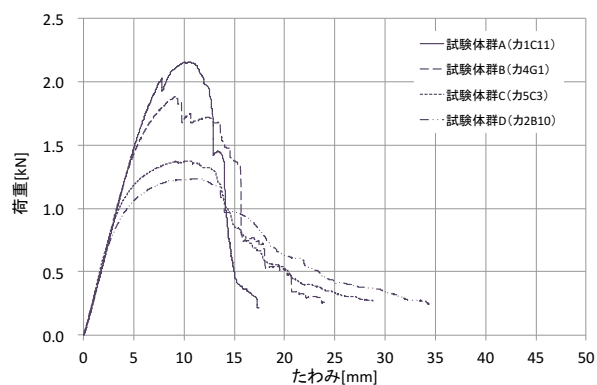


図4.3-21 荷重-たわみ関係（カラマツ・常温）

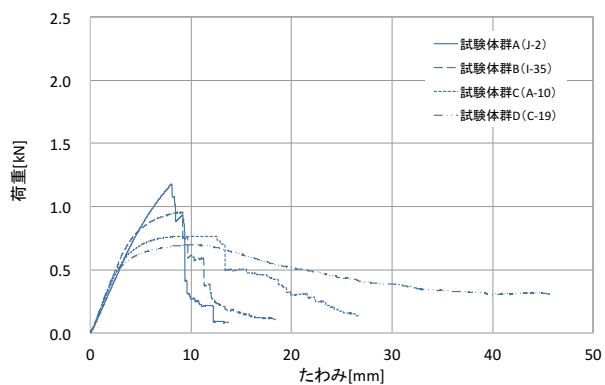


図4.3-18 荷重-たわみ関係（スギ・50℃）

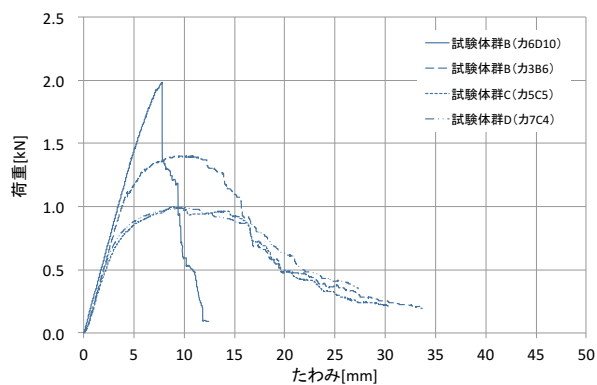


図4.3-22 荷重-たわみ関係（カラマツ・50℃）

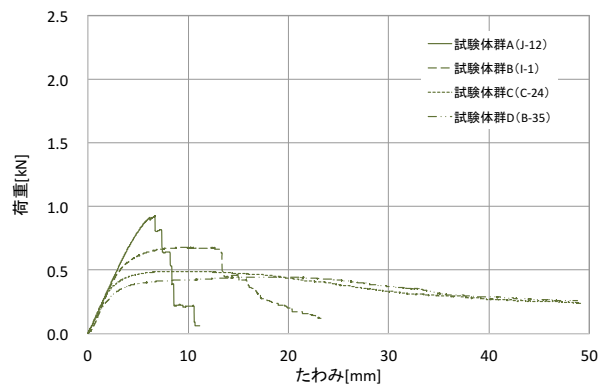


図4.3-19 荷重-たわみ関係（スギ・80℃）

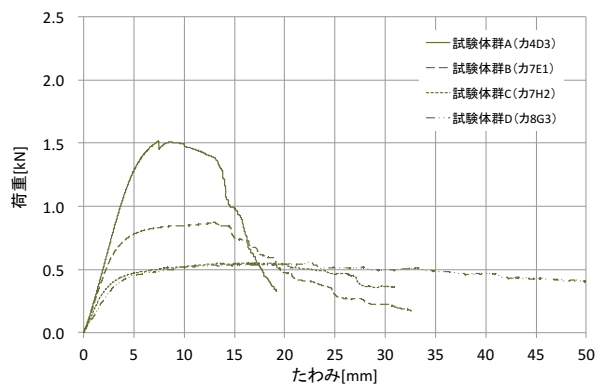


図4.3-23 荷重-たわみ関係（カラマツ・80℃）

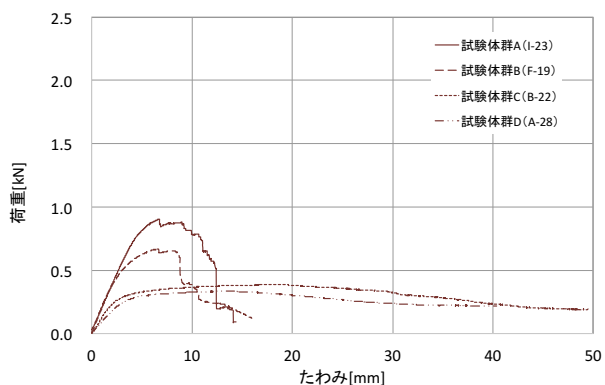


図4.3-20 荷重-たわみ関係（スギ・95℃）

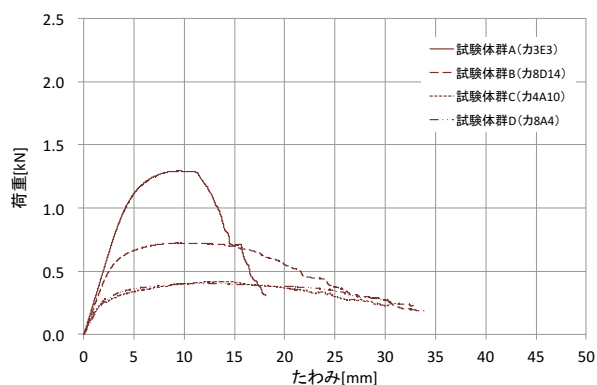


図4.3-24 荷重-たわみ関係（カラマツ・95℃）

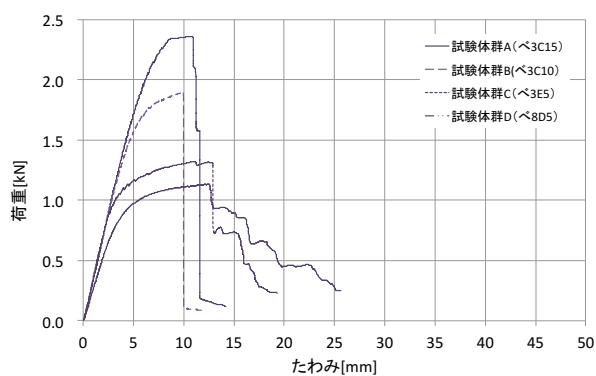


図4.3-25 荷重-たわみ関係（ペイマツ・常温）

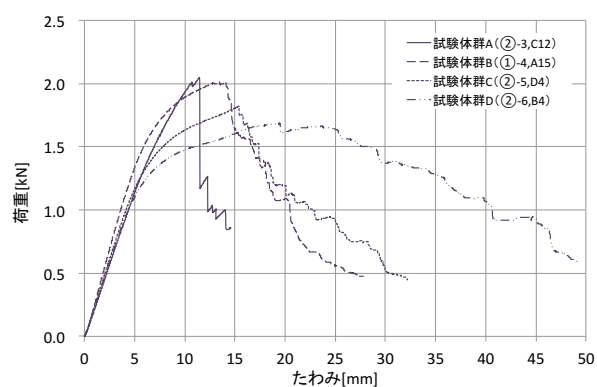


図4.3-29 荷重-たわみ関係（ケヤキ・常温）

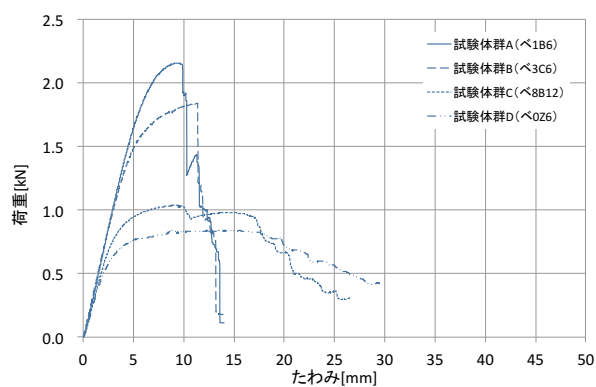


図4.3-26 荷重-たわみ関係（ペイマツ・50℃）

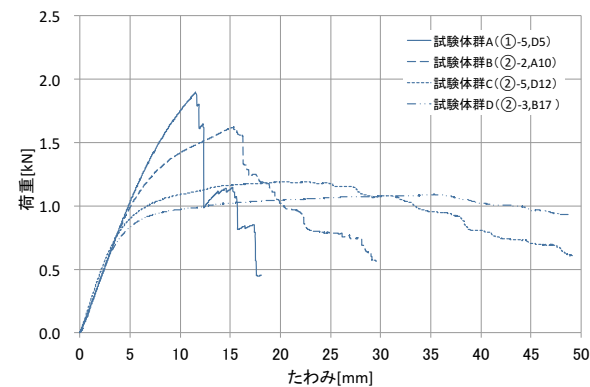


図4.3-30 荷重-たわみ関係（ケヤキ・50℃）

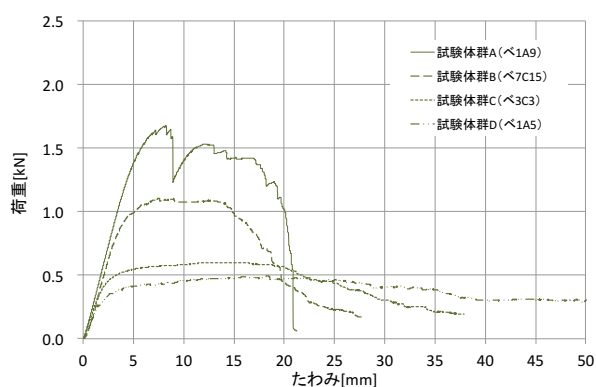


図4.3-27 荷重-たわみ関係（ペイマツ・80℃）

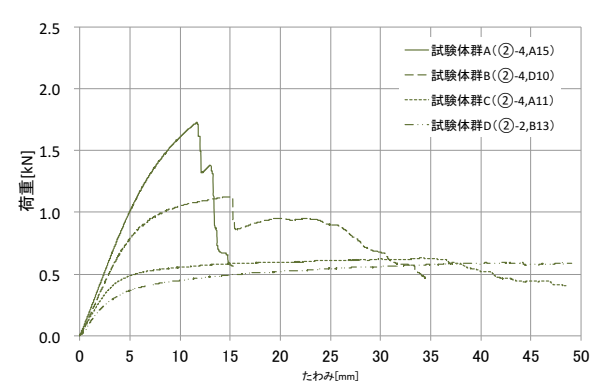


図4.3-31 荷重-たわみ関係（ケヤキ・80℃）

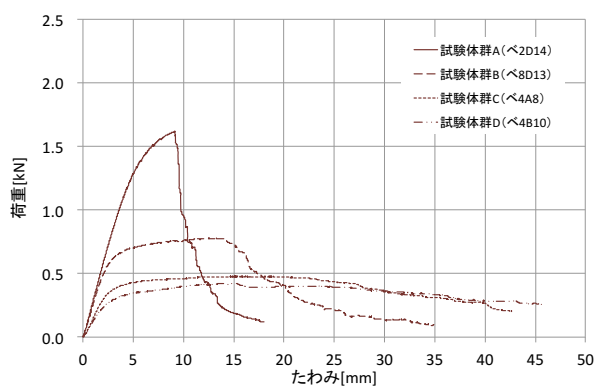


図4.3-28 荷重-たわみ関係（ペイマツ・95℃）

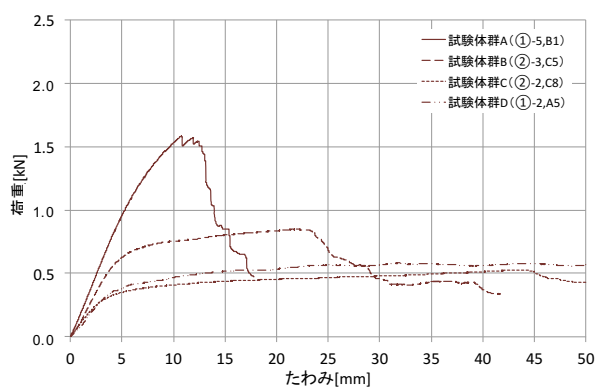


図4.3-32 荷重-たわみ関係（ケヤキ・95℃）

#### 4.4 まとめ

100℃未満におけるスギ、カラマツ、ベイマツ及びケヤキ製材の無欠点小試験体を用いた曲げ試験により、木材の力学的特性について、以下の知見を得た。

- (1) 全ての樹種において、試験体群 A、B、C（含水率が 30%以下）では、100℃未満の温度下において温度が高くなるほど含水率に対するヤング係数の低下は大きくなる。一方、試験体群 D（含水率が 30%以上）では、いずれの温度においてもヤング係数の含水率依存性は小さい。
- (2) 試験体群 B、C、D（含水率 5%超）のヤング係数残存率は、50℃では、試験体群 A（含水率 5%以下）の値と同程度である。一方、80℃以上の温度では、試験体群の含水率が大きくなるに伴い、残存率の平均値が徐々に小さくなる。特にケヤキは、試験体群 C、D（含水率 15%超）の平均値が 0.51 以下と小さい。
- (3) 針葉樹材の 3 樹種（スギ、カラマツ、ベイマツ）は、試験体群 A、B、C（含水率 30%以下）では、含水率の増加に伴い曲げ強さが低下し、いずれの温度においてもほぼ同等の含水率依存性を有する。これに対しケヤキは、温度が高くなるほど含水率に対する曲げ強さの低下は大きくなる。一方、試験体群 D（含水率が 30%以上）では、いずれの樹種・温度においても曲げ強さの含水率依存性は小さい。
- (4) いずれの樹種においても、試験体群 B、C、D（含水率 5%超）の曲げ強さ残存率は、同じ温度条件における試験体群 A（含水率 5%以下）と比べ値が小さいが、針葉樹材（スギ、カラマツ、ベイマツ）は 80℃以上、ケヤキは 50℃以上の温度条件において低下が顕著となる。
- (5) 100℃未満においては、破壊点に至るまでの荷重-たわみの関係が、温度及び含水率の上昇に伴い、樹種ごとに異なる。

#### 第4章の参考文献

- 1) 岡野健・祖父江信夫 他：木材化学ハンドブック，株式会社朝倉書店，2006.2
- 2) 伏谷賢美：木材の物理，文永堂出版，1985.9
- 3) 渡辺治人：木材物理総論，農林出版株式会社，1978.3
- 4) 森林総合研究所監修：木材工業ハンドブック改訂4版，丸善，2004.3
- 5) Bertil Fredlund：A Model for Heat and Mass Transfer in Timber Structures during Fire, PhD Dissertation, Lund University, Sweden, 1988.5
- 6) 鈴木達朗・上川大輔・安井昇・長谷見雄二・加來千紘・遠藤智紀・渡辺秀太・鈴木淳一：火災時の木質部材断面における水分移動状況の把握と力学的性能への影響評価，日本建築学会大会学術講演梗概集(防火)，pp.353-356, 2017.8
- 7) 日本規格協会：JIS Z 2101 木材の試験方法，2009
- 8) 保川みずほ・安井昇・鈴木あさ美・長谷見雄二・亀山直央・豊田康二・門岡直也・上川大輔・腰原幹雄・小野徹郎：大断面広葉樹(ケヤキ)製材による軸組柱の防耐火性能予測に関する研究，日本建築学会環境系論文集 第78巻 第685号，pp.633-638, 2013.3
- 9) 上杉三郎：スギ材の180℃以下加熱における曲げ性能，日本木材学会誌 Vol.38, No.11, pp.985-994, 1992.11





## 第 5 章 加熱冷却後における木材の力学的特性

---

### Chapter 5. Mechanical Properties of Wood after Heating



## 第5章 加熱冷却後の木材の力学的特性

### 5.1 実験目的

寺社建築をはじめとする伝統的な中・大規模木造建築物は、小規模な火災が発生した場合にも、その歴史的価値から、被害を受けた部材を修復・改修し、火災後も継続的に保存することが求められる。また、第1章で述べたように、近年の中・大規模木造建築物の多くは、火災最盛期での崩壊を免れる高度な防耐火性能を有する中・大断面木構造部材（耐火構造・準耐火構造）の利用が前提とされる。これら中・大規模木造建築物においては、部分的な火災被害であれば、火災後も木構造部材は一定の構造耐力及び防耐火性能を有する可能性が高いと考えられる。今後、寺社建築に留まらず公共建築物等の中・大規模木造建築物が普及すれば、火災被害を受けた場合の対処法として、火災後の木構造部材の力学的性能の把握と評価手法の整備が望まれる。

火災後の構造部材の残存耐力を把握するためには、火災加熱を受けた部材が火災後に再び常温まで冷却された場合（以下、加熱冷却後）の力学的性能の変化の有無・程度の把握が不可欠である。しかし、木構造部材において火災後の継続的使用を想定した防火性能の検討例は少なく、大断面木構造部材の加熱冷却後の力学的性能は、火災で被災した大断面集成材による木造体育館の部材に関する実測例が報告されている<sup>1)</sup>程度である。

このような状況に対し、本実験は、2.1 で述べた火災加熱を受ける木構造部材内の炭化層内側において、内部温度が  $100^{\circ}\text{C}$  以上  $260^{\circ}\text{C}$ （一般的な木材の着火温度）以下の温度範囲にて上昇し、その後、再び常温まで冷却された場合の木材の力学的特性を把握することを目的とする（図 5.1-1）。

実験は、常温、 $100^{\circ}\text{C}$ 、 $150^{\circ}\text{C}$ 、 $200^{\circ}\text{C}$ 、 $250^{\circ}\text{C}$  の 5 つの温度条件とし、木材の加熱冷却後のヤング係数および曲げ強さと温度との関係を把握し、さらに、加熱冷却後の曲げ強さを非破壊測定可能な諸量から予測できるかを確認するために、ヤング係数および密度との相関を検証した。これらを通じ、火災加熱が中・大規模木造建築物の構造性能にどのような影響を及ぼし得るか、基礎的な情報を得る。

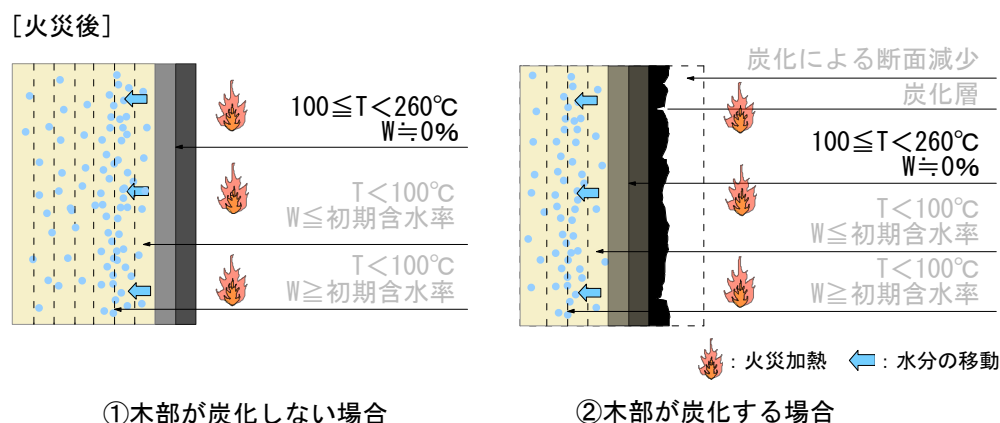


図5.1-1 火災加熱を受ける木構造部材内部に対する本実験の位置づけ

## 5.2 実験概要

### 5.2.1 試験体の条件

試験体の条件に関する基本的な方針は、第2章に示す通りである。試験体には、針葉樹材にスギ、カラマツ、ベイマツ、広葉樹材にケヤキを選択し、いずれも20mm×20mm×320mm、2方征、無欠点の木片とした。本実験は、第3章の実験と同時期に実施しており、試験体製作および含水率の算定については、前述の第3章と同じ方針とし、試験体は、力学的特性に対する諸条件の影響が複雑にならないようにするため、樹種ごとに含水率が平衡状態の1本の材から切り出し、60℃程度の乾燥機の中で含水率を3%程度まで下げ、質量を測定してから試験を行うこととした。実験条件ごとの試験体数を表5.2-1に示す。

なお、試験体の含水率は、樹種ごとに無欠点小試験体の中から2本の試験体を無作為に選定し、全乾法にて含水率を算定し条件を満たしていることを確認した（表5.2-2）。

表5.2-1 各条件での試験体数一覧

実験条件	スギ	カラマツ	ベイマツ	ケヤキ
常温	20	14	15	14
100℃	20 (2)	15 (2)	15 (2)	16
150℃	20 (2)	15 (2)	15 (2)	15 (3)
200℃	20 (2)	15 (2)	15 (2)	15 (3)
250℃(230℃)	20 (2)	14 (1)	15 (2)	16 (2)

※スギの試験体は、250℃の加熱中に試験体が発火したため、最高温度を230℃とした。

※※常温時の試験体は、3章に示す常温時の試験体と同一試験体である。

※※※( )の本数は、別途、冷却方法を急冷とした場合の試験体数を示す。

表5.2-2 試験体の含水率

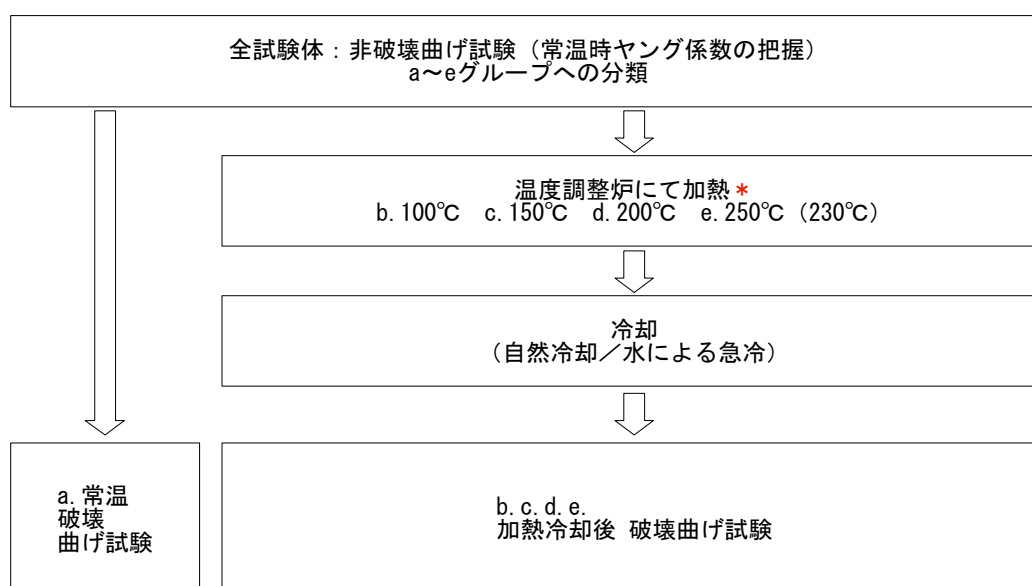
樹種	スギ		カラマツ		ベイマツ		ケヤキ	
試験体No.	1 D3	2 B13	1 A3	11 A8	2 A23	7 A15	A3-3	C3-2
60℃乾燥後の質量[g]	45.91	47.52	70.30	70.04	65.04	62.00	74.90	78.38
105℃全乾後の質量[g]	44.25	45.82	68.16	68.50	62.66	59.87	72.57	76.05
含水率[%]	3.75	3.71	3.14	2.25	3.80	3.56	3.21	3.06

### 5.2.2 試験方法

曲げ試験は、第2章で述べたようにJIS Z 2101「木材の曲げ試験方法」<sup>2)</sup>にならい、280mm スパンの3点曲げ方法により加力し、試験装置は、国立研究開発法人 森林総合研究所が所有する温度調整炉付きの圧縮試験機（ミネベア・テクノグラフ TG-50kN）を使用した。曲げ試験の温度条件は、木材が炭化しない温度範囲を想定し、a.常温、b.100℃、c.150℃、d.200℃、e.250℃の5段階とした。ただし、スギの試験体は、250℃の加熱中に試験体が発火したため、最高温度を230℃とした。

実験の手順を図5.2-1に示す。まず、試験体の強度が低下しない範囲（スギ、カラマツ、ベイマツ 0.25kN、ケヤキ 0.5kN）で加力をする非破壊曲げ試験により、全試験体の常温時ヤング係数を把握する。非破壊曲げ試験の結果より、試験体が破断に至るまで加力する破壊曲げ試験に関する実験条件に応じて、全試験体を温度条件ごとに分類する。a グループは破壊曲げ試験を常温で行い、常温でのヤング係数及び曲げ強さを算出した。b～fグループは、グループごとに各加熱温度まで加熱した後、加熱炉から取り出し、含水率の上昇を避けるため、デシケータの中で常温まで自然冷却した。自然冷却した後に破壊曲げ試験を行い、加熱冷却後ヤング係数及び曲げ強さを算出した。

なお、非破壊曲げ試験、破壊曲げ試験とも、载荷位置はスパンの中央部とし、変位が10mm/分となるよう载荷した。試験体の内部温度は、曲げ試験に用いる試験体と同断面の木片（温度計測用サンプル）にシース熱電対 φ1mm を設置し（図5.2-2）、温度条件ごとに恒温炉に入れ測定した。また、冷却方法の影響を把握するため、加熱冷却後の試験について、冷却方法を水による急冷とした試験を温度ごとに数本実施した。その際、含水率の変化を防ぐため、試験体は袋に入れて水に浸すこととした（写真5.2-1）。



\* スギ試験体は250℃加熱中に発火したため、最高温度を230℃とした。

図5.2-1 実験の手順

●：熱電対測定位置（温度計測用サンプルのみ設置）

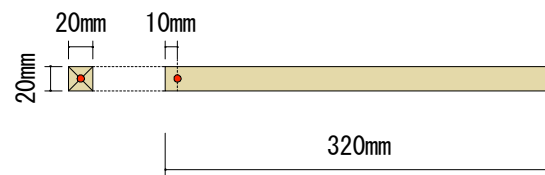


図5.2-2 試験体の内部温度測定位置



写真5.2-1 実験の様子

（左：自然冷却時の養生、右：水による急冷の様子）

### 5.3 実験結果及び考察

本項における考察指標の定義および算定式は、2.2.3 を参照する。また実験結果の詳細値については、巻末資料の計測値一覧表にて示す。実験結果の考察にあたっては、温度条件が木材の力学的特性に及ぼす影響を検討するため、常温時の平均値、残存率の算出に際し、曲げ破壊の破壊形態が異なり試験体群の分布範囲から大きく外れるものや既往の研究データ<sup>3)</sup>の値と明らかに異なる曲げ強さの試験体は除外する。

#### 5.3.1 ヤング係数

加熱冷却後ヤング係数  $E_{d,t}$  及び残存率  $R_{E,d}(t)$  を表 5.3-1、図 5.3-1～8 に示す。本実験のヤング係数は、せん断変形の影響を考慮しない接線法・下式<sup>2)</sup> (2.2-1) により算出した。試験体の断面寸法は 20mm×20mm と設定した。また、ヤング係数残存率算定のため、荷重変形関係より比例域の範囲を確認した上で、非破壊試験、破壊試験ともに、比例域の荷重の上限を 0.2kN、下限を 0.1kN と設定した。また残存率は、下式 (2.2-4) により算定する。なお、実験結果の詳細値は、巻末資料の計測値一覧表にて示す。

$$\text{ヤング係数 } E \text{ [N/mm}^2\text{]} = \frac{l^3 \Delta P}{48 I \Delta S} \quad (2.2-1)$$

$l$ : 支持点間距離 [mm],  $\Delta P$ : 比例域の上限荷重と下限荷重の差 [N]

$I$ : 断面二次モーメント [mm<sup>4</sup>],  $\Delta S$ : 変位量 [mm]

$$\text{加熱冷却後ヤング係数残存率 } R_{E,d}(t) = \frac{\text{加熱冷却後ヤング係数 } E_{d,t}}{\text{常温時ヤング係数 } E_{d,a}} \quad (2.2-4)$$

表5.3-1 加熱冷却後ヤング係数の結果一覧

樹種	スギ			カラマツ		
温度条件	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 (平均)	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 (平均)
常温	8,067	8.11	1.0	9,868	12.0	0.99
100℃	7,788	9.21	1.0	9,911	12.8	1.0
150℃	7,632	7.17	1.0	9,904	11.4	1.0
200℃	7,517	8.41	0.97	9,517	12.6	0.98
230℃／250℃*	7,290	7.68	0.95	6,773	20.8	0.74
樹種	ベイマツ			ケヤキ		
温度条件	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 (平均)	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率 (平均)
常温	12,018	4.03	1.0	10,516	15.2	1.0
100℃	11,793	5.19	0.99	10,476	14.6	0.99
150℃	11,661	5.47	0.99	10,434	13.3	0.98
200℃	11,349	5.89	0.96	10,208	14.1	0.97
250℃	10,202	7.11	0.86	9,841	14.4	0.94

\* スギは230℃、カラマツ・ベイマツ・ケヤキは250℃の値を記載する。

\* 本表の数値は自然冷却した試験体の結果より算出し、急冷による結果は含まないものとする。

注) 変動係数[%] = (標準偏差  $S$  / 平均値  $\mu$ ) × 100

樹種別、温度条件ごとのヤング係数を図 5.3-1～4 に示す。加熱冷却後ヤング係数は、いずれの樹種においても、200℃以下の温度条件では、温度上昇後に再び常温まで試験体の温度が下がると、常温時ヤング係数と同程度の範囲に分布することがわかる。表 5.3-1 の結果一覧においても、常温時と 200℃以下の温度条件では、ヤング係数の実測値の平均値や変動係数に大きな差異がない。

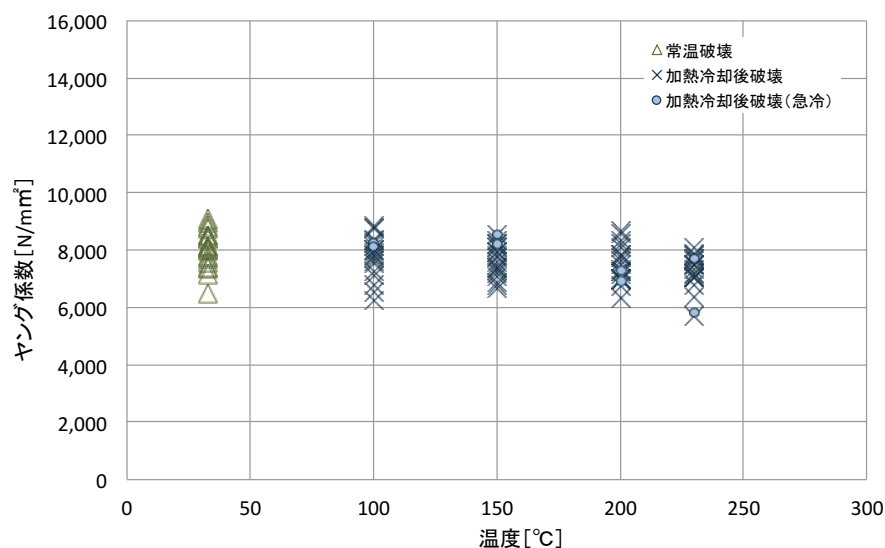


図5.3-1 加熱冷却後ヤング係数と温度条件（スギ）

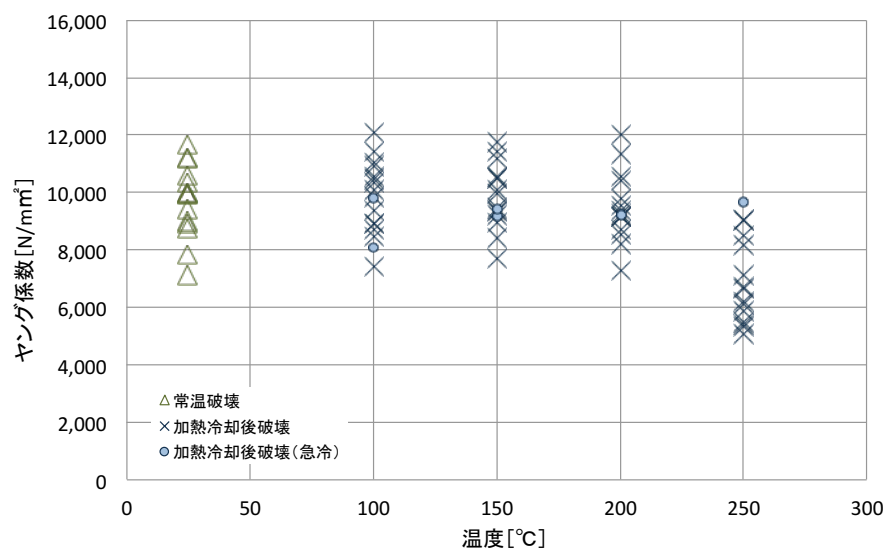


図5.3-2 加熱冷却後ヤング係数と温度条件（カラマツ）



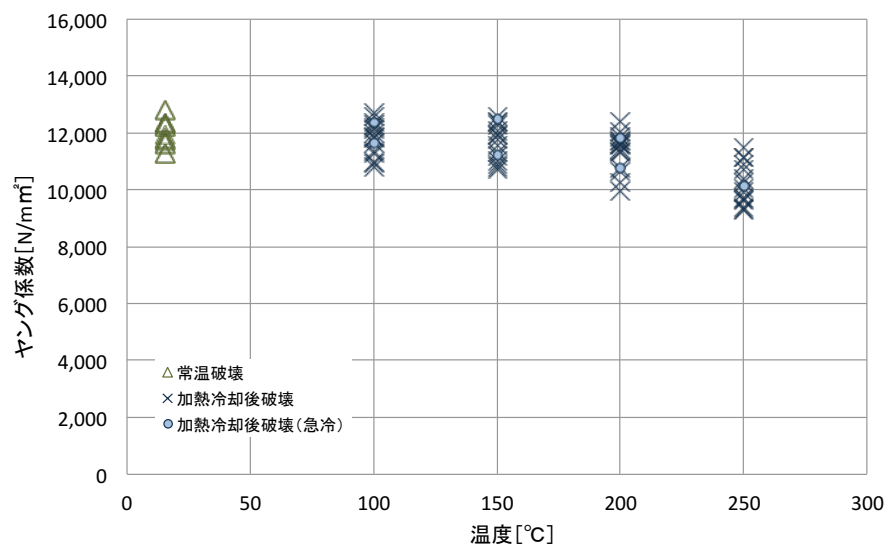


図5.3-3 加熱冷却後ヤング係数と温度条件（バイマツ）

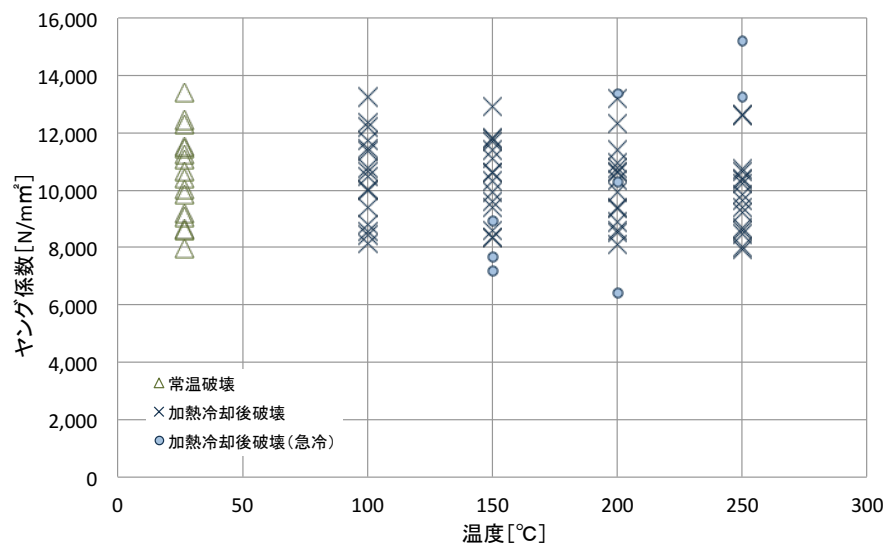


図5.3-4 加熱冷却後ヤング係数と温度条件（ケヤキ）

図 5.3-5～8 に加熱冷却後ヤング係数残存率  $R_{E,d}(t)$  を示すが、その平均値は、200℃では全樹種で 0.96 以上であり、200℃以下では、加熱冷却後ヤング係数は常温時ヤング係数と同程度に回復することが明らかとなった。しかし、最高温度の 250℃では、カラマツ、ベイマツの残存率  $R_{E,d}(t)$  の平均値が各々 0.74、0.86 に低下することが認められ、熱分解による成分の変化が冷却後の力学的特性にも影響を残していると考えられる。またスギ及びケヤキにおいても、残存率  $R_{E,d}(t)$  の平均値は各々 0.95、0.94 であるが、他の温度より変動係数が大きく、温度履歴が力学的特性にも影響を残していることが示唆される。なお、冷却方法を急冷とした試験体の残存率は、全ての樹種及び温度において、自然冷却した試験体群とほぼ同範囲に分布しており、冷却方法による差はみられなかった。

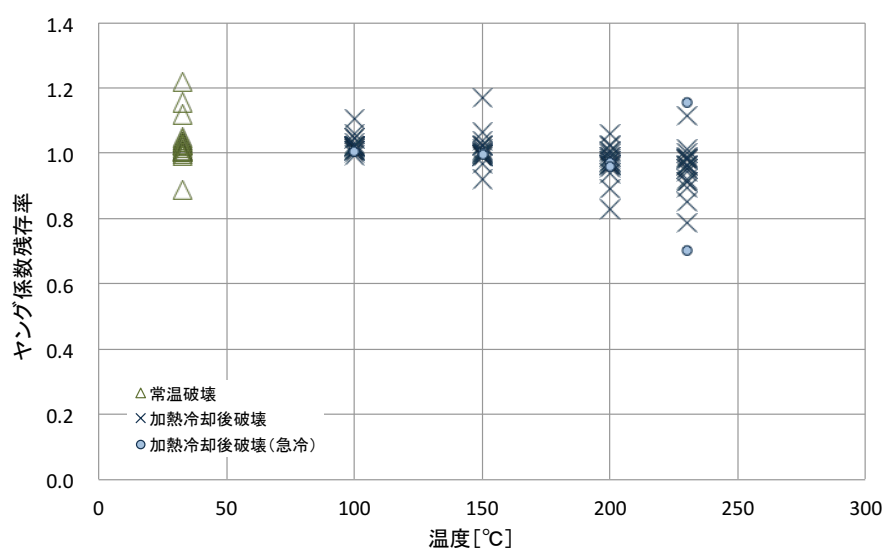


図5.3-5 加熱冷却後ヤング係数残存率と温度条件（スギ）

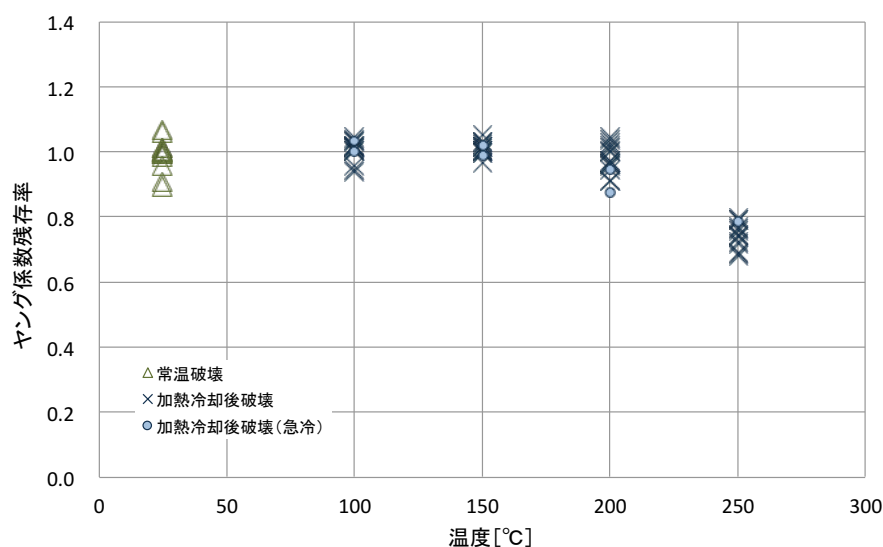


図5.3-6 加熱冷却後ヤング係数残存率と温度条件（カラマツ）

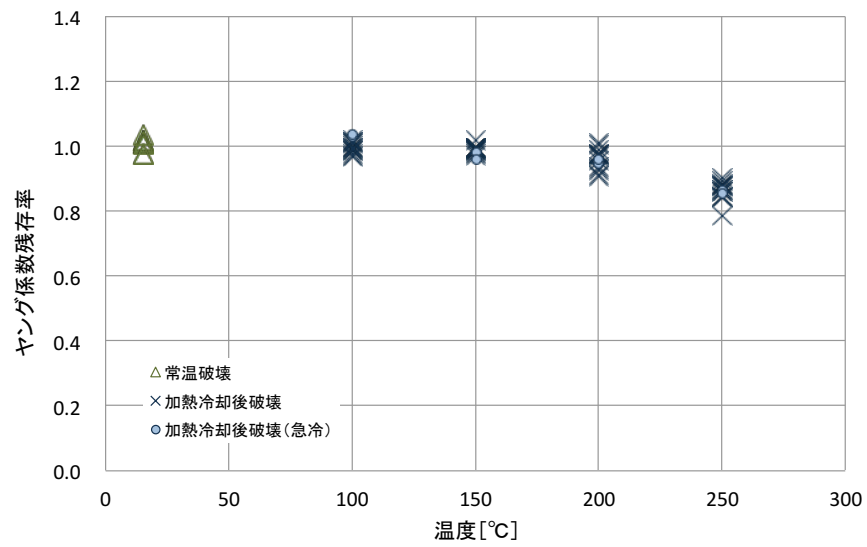


図5.3-7 加熱冷却後ヤング係数残存率と温度条件（ペイマツ）

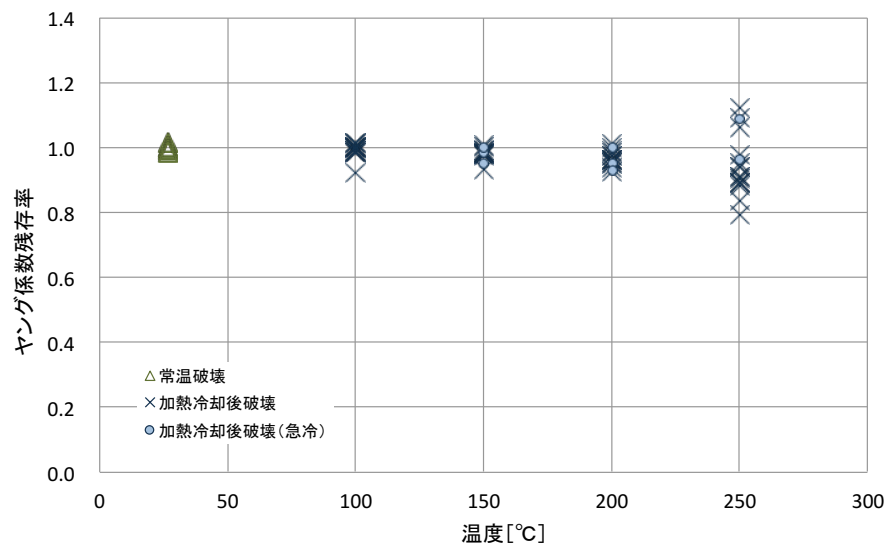


図5.3-8 加熱冷却後ヤング係数残存率と温度条件（ケヤキ）

### 5.3.2 曲げ強さ

加熱冷却後曲げ強さ  $B_{d,t}$  及び残存率  $R_{B,d}(t)$  を表 5.3-2、図 5.3-9～16 に示す。本実験の曲げ強さは、破壊曲げ試験時の最大荷重を用いて、下式 2) (2.2-2) により算出した。試験体の断面寸法は  $20\text{mm} \times 20\text{mm}$  と設定した。また、曲げ強さは試験体が破壊した際の荷重により算出することから、同一の試験体で各条件での比較ができないため、各温度条件で測定した試験体群の曲げ強さを常温で測定した試験体群の値と比較し、火災加熱が曲げ強さに及ぼす影響を把握する方針とした。加熱冷却後曲げ強さ残存率  $R_{B,d}(t)$  は、下式 (2.2-8) により算定する。

$$\text{曲げ強さ } \sigma \text{ [N/mm}^2\text{]} = \frac{P_{\max} l}{4Z} \quad (2.2-2)$$

$P_{\max}$  : 最大荷重 [N] ,  $l$  : 支持点間距離 [mm] ,  $Z$  : 断面係数 [mm<sup>3</sup>]

$$\text{加熱冷却後曲げ強さ残存率 } R_{B,d}(t) = \frac{\text{加熱冷却後曲げ強さ } B_{d,t}}{\text{常温時曲げ強さ } B_{d,a}} \quad (2.2-8)$$

表5.3-2 加熱冷却後曲げ強さの結果一覧

樹種	スギ			カラマツ		
温度条件	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率
常温	81.39	10.3	1.0	117.0	13.9	1.0
100℃	82.52	12.4	1.0	118.7	20.3	1.0
150℃	82.61	9.49	1.0	119.8	15.7	1.0
200℃	78.11	8.51	0.96	101.3	22.2	0.87
230℃/250℃*	70.88	10.9	0.87	46.50	36.7	0.40
樹種	ベイマツ			ケヤキ		
温度条件	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率	実測値(平均) [N/mm <sup>2</sup> ]	変動係数 [%]	残存率
常温	121.7	7.86	1.0	127.3	11.7	1.0
100℃	123.2	4.99	1.0	120.5	17.7	0.95
150℃	125.7	6.02	1.0	113.2	19.7	0.89
200℃	119.9	9.95	0.99	99.70	22.9	0.78
250℃	86.98	12.7	0.71	55.27	15.9	0.43

\* スギは230℃、カラマツ・ベイマツ・ケヤキは250℃の値を記載する。

\* 本表の数値は自然冷却した試験体の結果より算出し、急冷による結果は含まないものとする。

注) 変動係数[%] = (標準偏差  $S$  / 平均値  $\mu$ )  $\times 100$

加熱冷却後曲げ強さは樹種により異なる傾向がみられ、針葉樹材であるスギ、カラマツ、ベイマツは、100℃及び150℃の温度条件において、常温と同程度の範囲に曲げ強さが分布する結果となった（図 5.3-9～11）。一方、広葉樹材であるケヤキは、温度条件の上昇に伴い、曲げ強さが徐々に低下した（図 5.3-12）。これは、200℃前後以上で起こる熱分解による成分変化が、曲げ強さについては不可逆的な変化を発生させている可能性を示唆するものと考えられる。なお、冷却方法を急冷とした試験体の加熱冷却後曲げ強さは、自然冷却した試験体群とほぼ同範囲に分布しており、急冷による大きな差異はみられなかった。

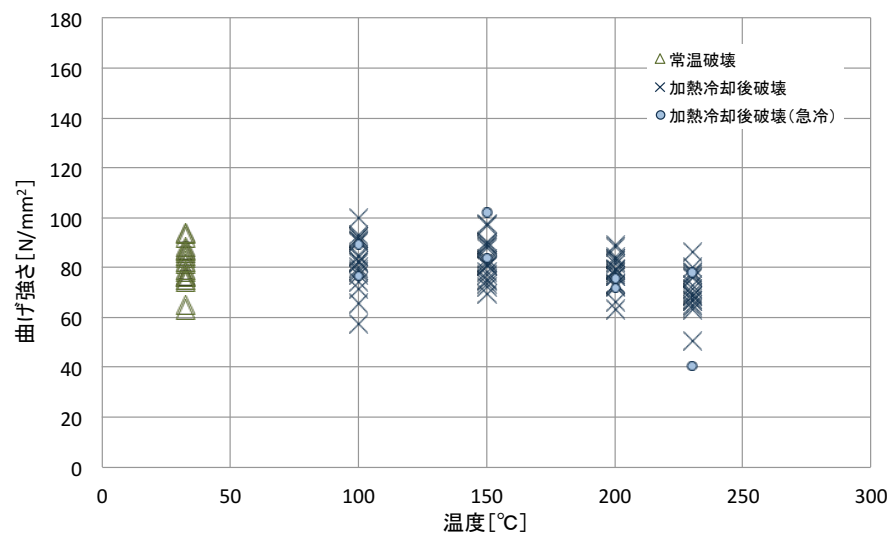


図5.3-9 加熱冷却後曲げ強さと温度条件（スギ）

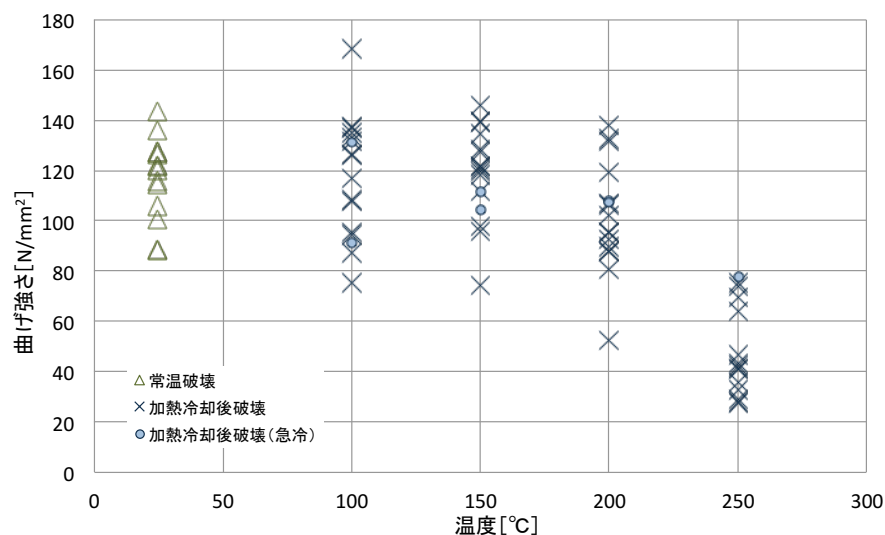


図5.3-10 加熱冷却後曲げ強さと温度条件（カラマツ）

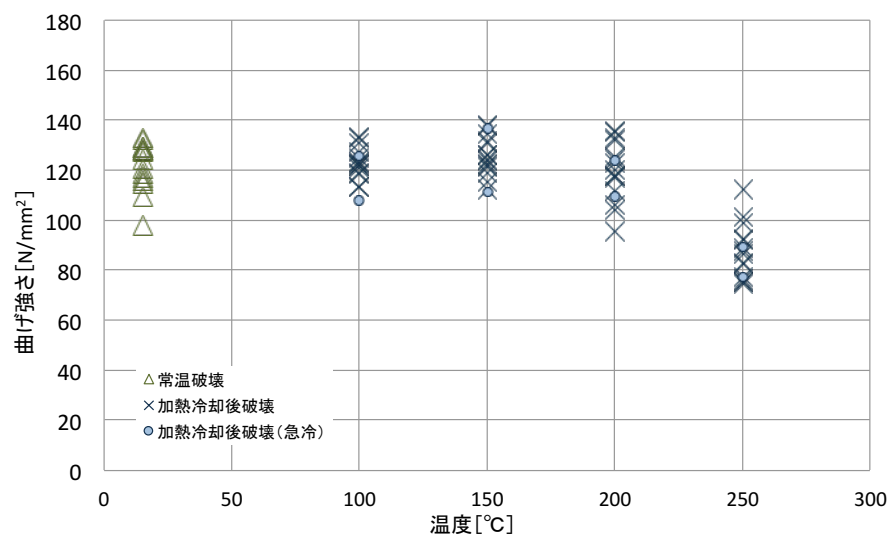


図5.3-11 加熱冷却後曲げ強さと温度条件（ペイマツ）

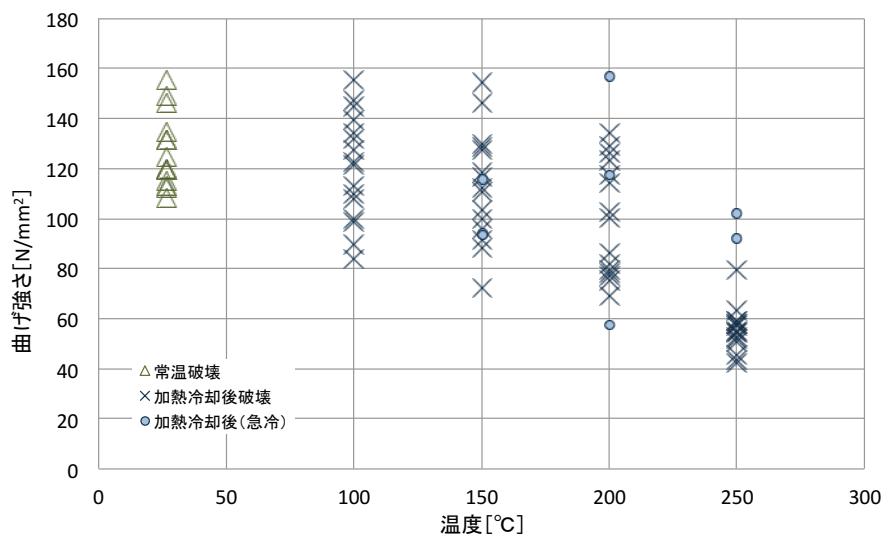


図5.3-12 加熱冷却後曲げ強さと温度条件（ケヤキ）

図 5.3-13～16 によると、スギ、カラマツ、ベイマツの加熱冷却後曲げ強さ残存率は、150℃では 1.0 であり、常温時と同程度の曲げ強さに回復するといえる。しかし、カラマツは、200℃での残存率が 0.87、スギとベイマツでは、最高温度の残存率が各々0.87、0.71 となり、高温時の著しい低下から大きくは回復していないと考えられる。また、ケヤキは、100℃以上の残存率が各々、0.95、0.89、0.78、0.43 と徐々に低下していることから 100℃に達しない温度においては、常温時と同程度の曲げ強さに回復すると考えられる。

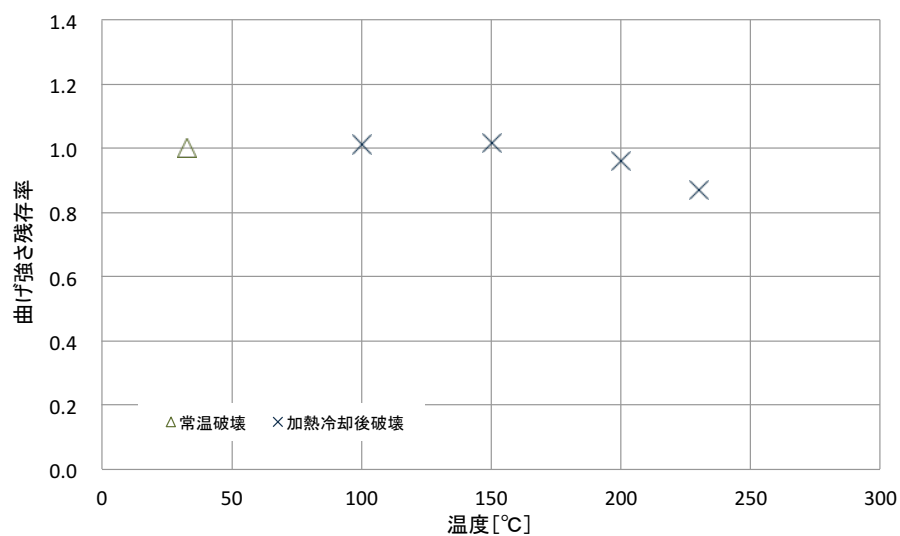


図5.3-13 加熱冷却後曲げ強さ残存率と温度条件（スギ）

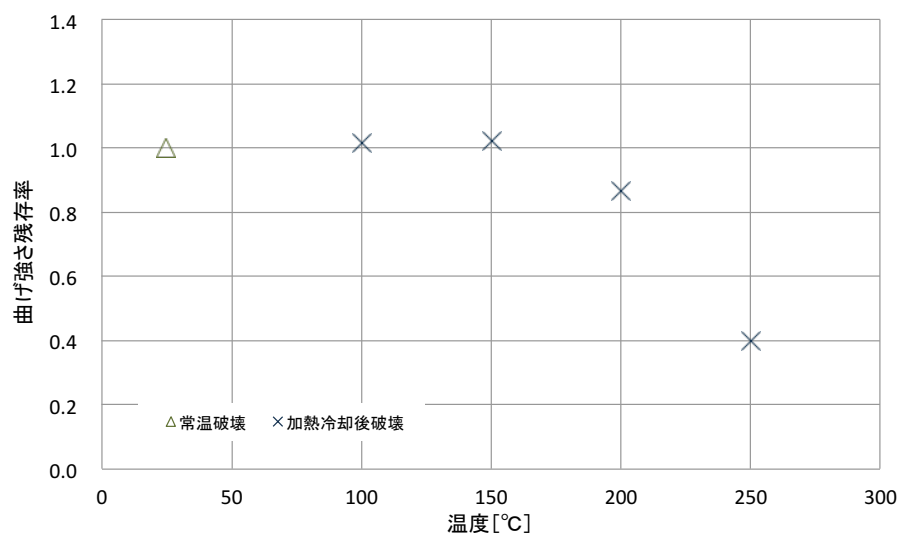


図5.3-14 加熱冷却後曲げ強さ残存率と温度条件（カラマツ）

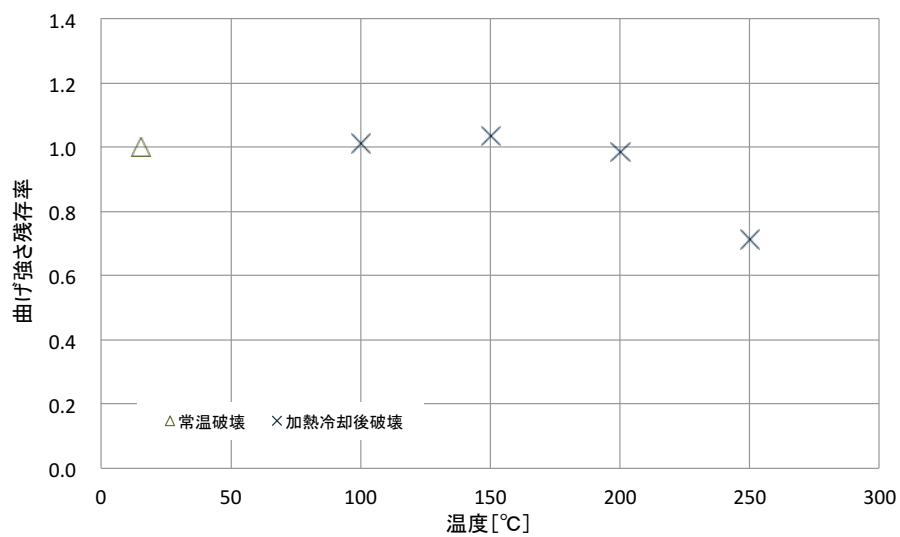


図5.3-15 加熱冷却後曲げ強さ残存率と温度条件（ベイマツ）

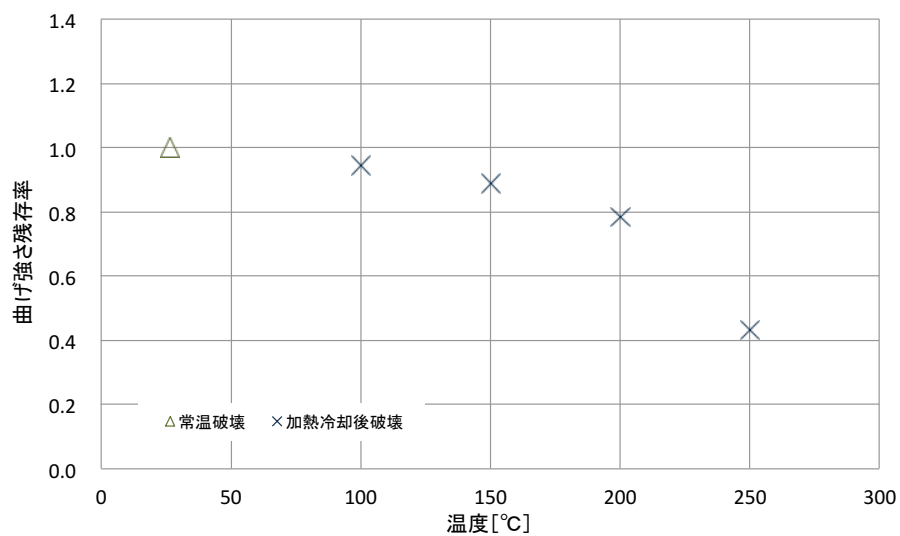


図5.3-16 加熱冷却後曲げ強さ残存率と温度条件（ケヤキ）



### 5.3.3 荷重-たわみの関係

樹種ごとの荷重-たわみの代表例を図 5.3-17～20 に示す。全ての樹種、温度条件において、荷重とたわみが直線的な比例関係にある領域（以下、線形領域とする）と両者の関係が緩やかな曲線域（以下、非線形領域とする）からなり、最終的に破壊点に到達した。また破壊点に到達した後は、いずれの温度においても荷重が急激に低下した。破壊点は、針葉樹の 3 樹種では 200℃以下、ケヤキでは 150℃以下の温度条件では、常温と同程度の値を示した。

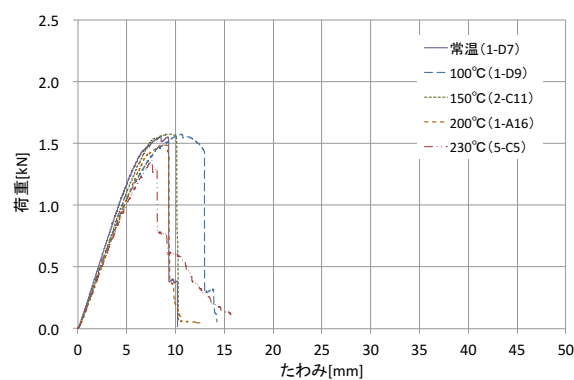


図5.3-17 荷重-たわみ関係  
(スギ)

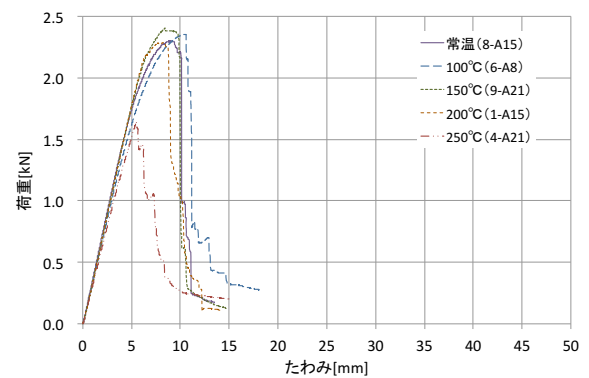


図5.3-19 荷重-たわみ関係  
(ベイマツ)

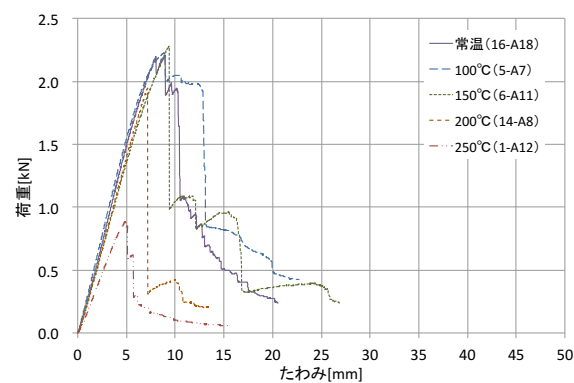


図5.3-18 荷重-たわみ関係  
(カラマツ)

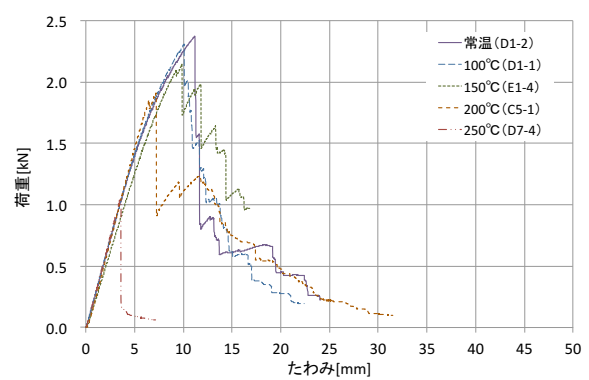


図5.3-20 荷重-たわみ関係  
(ケヤキ)

## 5.4 まとめ

100℃以上におけるスギ、カラマツ、ベイマツ及びケヤキ製材の無欠点小試験体を用いた加熱冷却後の曲げ試験により、木材の力学的特性について以下の知見を得た。

- (1) 全ての樹種において、加熱により到達する温度条件が 200℃以下の場合、加熱後に再び常温まで温度が低下すると、ヤング係数は、ほぼ常温時の値に回復する。
- (2) 加熱冷却後曲げ強さは、樹種により回復特性が異なる。針葉樹材の 3 樹種（スギ、カラマツ、ケヤキ）では 150℃以下、広葉樹材のケヤキでは 100℃未満の温度条件において、常温時と同程度に回復する。しかし、いずれの樹種においても 250℃（スギは 230℃）では、高温時の著しい低下から大きくは回復しない。
- (3) 加熱冷却後の荷重-たわみの関係は、いずれの樹種においても同一の傾向にあるが、スギ、カラマツ、ベイマツでは 200℃以上、ケヤキでは 150℃以上の温度上昇に伴い、破壊点が低下する。
- (4) 木材が火災加熱を受けても、100℃に達しなかった部分は、冷却後、ヤング係数・曲げ強さとも火災の影響をほとんど受けないと判断し得る。さらに、スギ、ベイマツでは 200℃以下、カラマツでは 150℃以下の部分は、冷却後の力学的特性の変化は 10%未満に留まる。

## 第 5 章の参考文献

- 1) 長谷見雄二・鍵屋浩司・北後明彦・宮武敦：大規模集成木造体育館の火災調査，日本建築学会技術報告集第 17 号，pp.209-212, 2003.6
- 2) 日本規格協会：JIS Z 2101 木材の試験方法，2009
- 3) 中井孝・山井良三郎：日本産主要 35 樹種の強度的性質，林業試験所研究報告第 319 号，pp.13-46, 1982.1



第 6 章 非破壊測定可能な物性による曲げ強さ予測可能性の検討

---

Chapter 6. Relations of Bending Strength and Young's modulus,  
Bending Strength and density



## 第6章 非破壊測定可能な物性による曲げ強さ予測可能性の検討

一般に木材における曲げ強さは、常温時には木材のヤング係数や密度等、非破壊測定可能な物性と比例関係にあるとされ、例えば、中井・山井によって、国産材の針葉樹（11 樹種）および広葉樹（24 樹種）の無欠点小試験を用いた強度試験では、気乾状態の木材のヤング係数および曲げ強さの関係について、下記の回帰式（6.1-1）が誘導され、その相関係数は 0.926 であると報告されている<sup>1)</sup>。

$$\text{曲げ強さ } \sigma_b \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 19.3 + 8.45 \cdot 10^{-3} \cdot E_b \quad (6.1-1)$$

$E_b$  : 曲げヤング係数 [kg/m<sup>2</sup>]

そこで、非破壊で把握可能なヤング係数を測定することで、曲げ強さも管理できるとして、中・大規模建築物に用いられる中・大断面の構造用木材は、木構造の品質管理上、製造方法ごとに JAS 等により定められた等級区分により、製品のヤング係数を測定・刻印し生産・流通させることが求められる（表 6.1-1）。これらの状況を踏まえ、火災時及び火災後の木構造部材の力学的性能の予測・評価手法では、最終的には生産・流通時に把握される非破壊検査可能な諸量から曲げ強さを予測できるようにすることが望ましい。しかし、高温時及び加熱冷却後の木材については、曲げ強さとヤング係数や密度等の非破壊測定可能な物性との関係が不明瞭である。そこで本章では、各実験条件における曲げ強さとヤング係数や密度の関係を考察し、非破壊測定可能な物性による曲げ強さの予測の可能性を検討する。

表6.1-1 構造材の強度等級区分（JAS<sup>2)</sup>より抜粋）

製材			集成材									直交集成板 (CLT)					
機械等級区分			対称異等級構成集成材 (4層以上)						同一等級集成材 (4層以上)			異等級構成・A種構成					
等級	曲げヤング係数 [10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> ]		等級	曲げヤング係数 [10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> ]		曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	等級	曲げヤング係数 [10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> ]		曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	等級	構成	曲げヤング係数 [10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> ]		曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	等級	構成
	平均値	下限値		平均値	下限値			平均値	下限値				平均値	下限値			
E50	3.9以上	5.9未満	E 55-F200	5.5	4.5	20.0	E55-F225	5.5	4.5	22.5	Mx60-3-3	3層3プライ	5.2	4.2	11.6		
E70	5.9以上	7.8未満	E 65-F220	6.5	5.5	22.0	E65-F255	6.5	5.5	25.5	Mx60-3-4	3層4プライ	4.6	3.8	9.4		
E90	7.8以上	9.8未満	E 65-F225	6.5	5.5	22.5	E75-F270	7.5	6.5	27.0	Mx60-5-5	5層5プライ	4.2	3.4	9.8		
E110	9.8以上	11.8未満	E 75-F240	7.5	6.5	24.0	E85-F300	8.5	7.0	30.0	Mx60-5-7	5層7プライ	4.8	4.0	11.0		
E130	11.8以上	13.7未満	E 85-F255	8.5	7.0	25.5	E95-F315	9.5	8.0	31.5	Mx60-7-7	7層7プライ	3.6	3.0	8.2		
E150	13.7以上	-	E 95-F270	9.5	8.0	27.0	E105-F345	10.5	9.0	34.5	Mx60-9-9	9層9プライ	3.2	2.6	6.8		
			E105-F300	10.5	9.0	30.0	E120-F375	12.0	10.0	37.5							
			E120-F330	12.0	10.0	33.0	E135-F405	13.5	11.5	40.5							
			E135-F375	13.5	12.5	37.5	E150-F465	15.0	12.5	46.5							
			E150-F435	15.0	12.5	43.5	E170-F540	17.0	14.0	54.0							
			E170-F495	17.0	14.0	49.5	E190-F615	19.0	16.0	61.5							

単板積層材 (LVL)									
A種					B種				
等級	曲げヤング係数 [10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> ]		曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]			等級	曲げヤング係数 [10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> ]		曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]
	平均値	下限値	特級	1級	2級		平均値	下限値	
50E	5.0	4.2	18.5	16.0	13.0	30E	3.0	2.5	8.0
60E	6.0	5.0	22.5	19.0	16.0	40E	4.0	3.0	10.5
70E	7.0	6.0	26.0	22.5	18.5	50E	5.0	4.2	13.0
80E	8.0	7.0	30.0	22.5	21.5	60E	6.0	5.0	16.0
90E	9.0	7.5	33.5	29.0	24.0	70E	7.0	6.0	18.5
100E	10.0	8.5	37.5	32.0	27.0	80E	8.0	7.0	21.5
110E	11.0	9.0	41.0	35.0	29.5	90E	9.0	7.5	24.0
120E	12.0	10.5	45.0	38.5	32.0	100E	10.0	8.5	27.0
140E	14.0	12.0	52.5	45.0	37.5	110E	11.0	9.0	29.5
160E	16.0	14.0	60.0	51.5	43.0	120E	12.0	10.5	32.0
180E	18.0	15.5	67.5	58.0	48.5	140E	14.0	12.0	37.5

※集成材は、対称異等級構成・特定非対称異等級構成・非対称異等級構成・同一等級構成のうち、対称異等級および同一等級の区分を示す。

※集成材、単板積層材における曲げヤング係数の数値は、平均値および下限値ともに以上であることが求められる。

なお、下限値とは、試験方法に基づき曲げ試験を実施する試料の95%以上が本表の数値であることを指す。

※直交集成板は、2017年現在、主に一般流通している等級を示す。

## 6.1 ヤング係数と曲げ強さ

本節では、第3章～第5章の実験における常温時、高温時（100℃以上と100℃未満）及び加熱冷却後の曲げ強さについて、同実験条件下のヤング係数（破壊曲げ試験時の値）との関係を考察し、ヤング係数による曲げ強さの予測可能性を検討する。

### （1）100℃以上におけるヤング係数および曲げ強さ

第3章「100℃以上における木材の力学的特性」の実験による曲げ強さについて、破壊曲げ試験時のヤング係数との関係を図6.1-1～4に示し、実験条件ごとの回帰式と相関係数 $r$ の一覧を表6.1-2及びに示す。カラマツ及びケヤキの200℃以下の温度では、常温時と同様に両者の間に強い相関（相関係数0.7以上）が認められ、ヤング係数による曲げ強さの予測に可能性があると考えられる。一方、スギ及びベイマツの200℃以下の温度では、正の相関関係はみられるものの、本実験の結果からは、スギの150℃では0.38、ベイマツの100℃では0.17と、曲げ強さの予測に活用できるほどの傾向はみられなかった。また、いずれの樹種においても最高温度の250℃（スギは230℃）では、各々の曲げ強さの平均値は、スギで24.42 [N/mm<sup>2</sup>]、カラマツで22.27 [N/mm<sup>2</sup>]、ベイマツで30.29 [N/mm<sup>2</sup>]、ケヤキで18.59 [N/mm<sup>2</sup>]、となり、またほとんどの試験体の曲げ強さが平均値の±10 [N/mm<sup>2</sup>] の範囲に分布することから、高温時曲げ強さの値は、ヤング係数の値に依らず温度に応じて一定の値に低下することが明らかとなった。

表6.1-2 100℃以上のヤング係数と曲げ強さの回帰分析結果

樹種	温度	回帰式	相関係数	樹種	温度	回帰式	相関係数
スギ	常温	$y=0.01x+0.9$	0.78	カラマツ	常温	$y=0.0119x-0.83$	0.87
	100℃	$y=0.0054x+22.5$	0.77		100℃	$y=0.0109x-10.3$	0.88
	150℃	$y=0.004x+25.2$	0.38		150℃	$y=0.0059x+19.4$	0.66
	200℃	$y=0.0039x+15.6$	0.55		200℃	$y=0.0073x-2.4$	0.76
	230℃	$y=0.0037x+8.7$	0.78		250℃	$y=0.0038x+6.4$	0.90
ベイマツ	常温	$y=-0.0006x+128.3$	-0.03	ケヤキ	常温	$y=0.0079x+44.57$	0.85
	100℃	$y=0.0018x+54.7$	0.17		100℃	$y=0.0097x-5.3$	0.83
	150℃	$y=0.0046x+25.0$	0.48		150℃	$y=0.0072x+11.2$	0.88
	200℃	$y=0.0059x+6.0$	0.62		200℃	$y=0.0072x-1.7$	0.97
	250℃	$y=0.0046x+2.7$	0.89		250℃	$y=0.0016x+13.4$	0.40



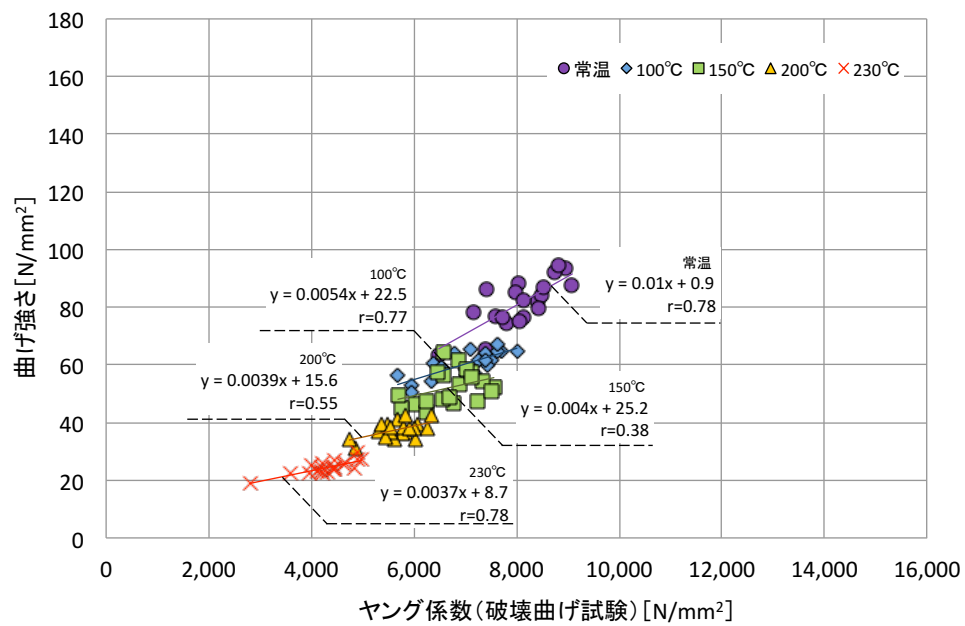


図6.1-1 ヤング係数と曲げ強さ（スギ）

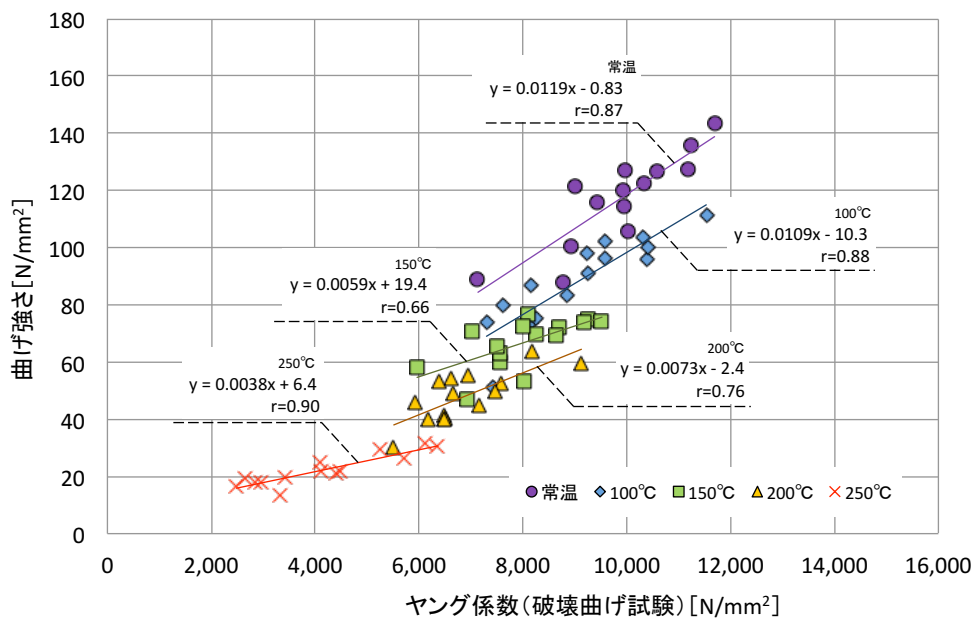


図6.1-2 ヤング係数と曲げ強さ（カラマツ）

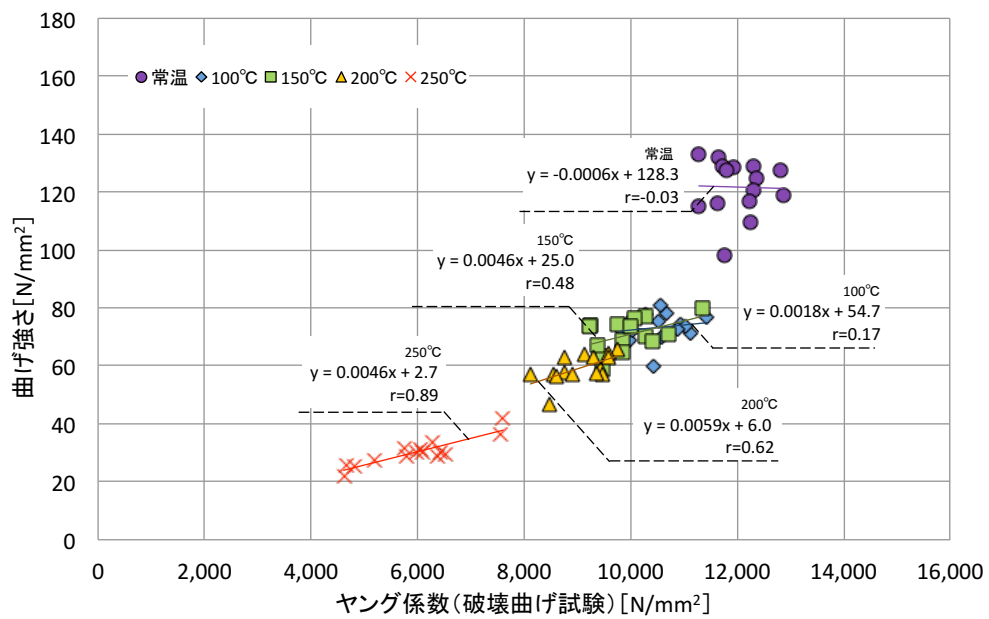


図6.1-3 ヤング係数と曲げ強さ（ベイマツ）

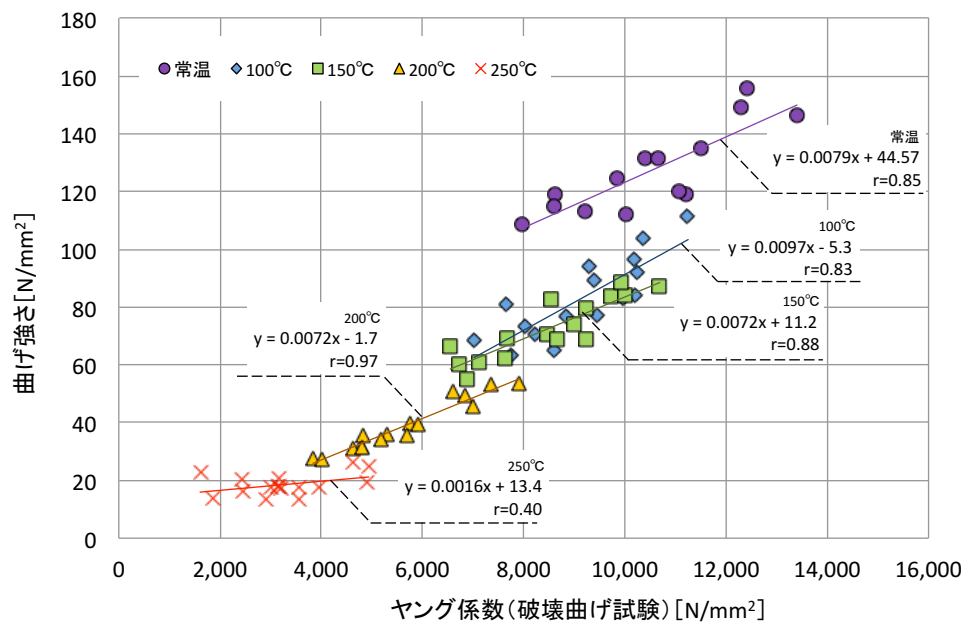


図6.1-4 ヤング係数と曲げ強さ（ケヤキ）

## (2) 100℃未満におけるヤング係数と曲げ強さ

第4章「100℃未満における木材の力学的特性」の実験における試験体群 A～D ごとの曲げ強さと破壊曲げ試験時のヤング係数との関係を図 6.1-5～20 に示し、実験条件ごとの回帰式と相関係数  $r$  の一覧を表 6.1-3 に示す。

スギの試験体群 A（含水率 5%以下）では、いずれの温度条件においてもヤング係数に依らず曲げ強さの値が散布し、相関係数も 0.32 以下であることから両者の相関は弱い結果となった。前述の（1）図 6.1-1 では、乾燥時のスギのヤング係数と曲げ強さは、常温では相関係数が 0.78、100℃では 0.77 と強い相関関係を示しているが、本実験では、ひとつの試験体群におけるヤング係数の散布範囲が図 6.1-1 の実験よりも広く、同程度の試験体数であっても相関の程度は異なる結果となった。一方、試験体群 B、C、D（含水率 5%超）では、いずれの温度条件においても相関または強い相関（相関係数も 0.51 以上）が認められる。

またカラマツは、試験体群 A（含水率 5%以下）の常温時は、前述の（1）図 6.1-2 と同様に強い相関を示し、試験体群 A の 50℃から 95℃、および試験体群 B（含水率 5%超 15%以下）では、0.20～0.56 の弱い相関または相関を示した。これに対し、試験体群 C（含水率 15%超 30%以下）は、0.13～0.82 と相関係数が温度条件により異なる結果となり、試験体群 D（含水率 30%超）では、相関係数が 0.60 以上と、相関または強い相関が認められる。

ベイマツは、試験体群 A、B（含水率 15%以下）の 80℃以下の温度においては、0.44～0.83 と相関または強い相関が認められたが、95℃では、試験体 A は 0.33、試験体群 B では 0.07 と弱い相関を示した。また、試験体群 C（含水率 15%超 30%以下）では、ヤング係数に依らず曲げ強さの値が散布し、-0.40～0.61 と相関係数も温度条件により異なり、試験体群 D（含水率 30%超）では、常温時は 0.79 と強い相関が認められるが、50℃以上では-0.03～0.47 と相関係数が温度条件により異なる結果となった。

最後に、ケヤキは、試験体群 A、B（含水率 15%以下）及び D（含水率 30%超）においては、いずれの温度においても 0.57 以上の相関係数となり、両者の間に相関または強い相関が認められる。しかし、試験体群 C（含水率 15%超 30%以下）では、常温及び 50℃においては、相関係数が 0.27 以下と弱い相関を示し、また 80℃以上の温度では、ヤング係数に対する曲げ強さの増加は小さく、曲げ強さが狭い範囲に分布する傾向にあることがわかる。

以上より、本実験の曲げ強さと同実験条件下のヤング係数は、いずれの樹種においてもほぼ比例関係にあるものの、その程度は樹種や温度、含水率条件ごとに異なる結果となった。ただし、本実験は実験条件ごとに試験体を仕分ける際、試験体の含水率を指標としたため、含水率・温度条件ごとの試験体のヤング係数が比較的広い範囲に分布しており、試験体数を増やすまたは試験体の常温時ヤング係数を考慮した上で仕分けをすることにより、より正確な関係性を明らかにすることが可能であると考えられる。

表6.1-3 100℃未満のヤング係数および曲げ強さの回帰分析結果

含水率 樹種	温度	試験体群A $W \leq 5\%$		試験体群B $5\% < W \leq 15\%$		試験体群C $15\% < W \leq 30\%$		試験体群D $W > 30\%$	
		回帰式	相関係数	回帰式	相関係数	回帰式	相関係数	回帰式	相関係数
スギ	常温	$y=0.0026x+51.31$	0.32	$y=0.0043x+28.31$	0.60	$y=0.0027x+27.06$	0.51	$y=0.0034x+17.73$	0.83
	50℃	$y=0.0005x+59.68$	0.07	$y=0.0032x+28.47$	0.54	$y=0.0026x+21.77$	0.54	$y=0.0043x+8.86$	0.55
	80℃	$y=0.0015x+38.26$	0.23	$y=0.003x+18.07$	0.90	$y=0.0043x+1.17$	0.91	$y=0.0039x+4.33$	0.89
	95℃	$y=0.0008x+41.37$	0.18	$y=0.0024x+15.05$	0.78	$y=0.0018x+12.25$	0.82	$y=0.0029x+7.34$	0.63
カラマツ	常温	$y=0.021x+91.15$	0.94	$y=0.0052x+43.27$	0.20	$y=0.0011x+59.07$	0.13	$y=0.003x+33.83$	0.67
	50℃	$y=0.0039x+71.51$	0.40	$y=0.0044x+41.00$	0.40	$y=0.0014x+45.69$	0.34	$y=0.0032x+23.59$	0.67
	80℃	$y=0.0026x+55.79$	0.34	$y=0.0034x+73.80$	0.35	$y=0.0038x+7.92$	0.82	$y=0.0026x+13.64$	0.60
	95℃	$y=0.003x+41.61$	0.56	$y=0.004x+9.78$	0.55	$y=0.0021x+14.66$	0.70	$y=0.0018x+14.17$	0.87
ベイマツ	常温	$y=0.0035x+81.65$	0.48	$y=0.0047x+45.34$	0.66	$y=0.0055x+6.32$	0.51	$y=0.004x+17.28$	0.79
	50℃	$y=0.0059x+42.75$	0.80	$y=0.0032x+56.06$	0.44	$y=-0.0023x+76.77$	-0.40	$y=0.0017x+35.71$	0.28
	80℃	$y=0.0034x+52.89$	0.83	$y=0.0035x+35.64$	0.48	$y=0.0049x-0.44$	0.61	$y=-0.00009x+33.77$	-0.03
	95℃	$y=0.0026x+56.70$	0.33	$y=0.0004x+46.19$	0.07	$y=0.0015x+18.61$	0.26	$y=0.0025x+13.65$	0.47
ケヤキ	常温	$y=0.0165x+22.64$	0.79	$y=0.0119x+4.03$	0.76	$y=0.0044x+57.96$	0.27	$y=0.0055x+39.89$	0.57
	50℃	$y=0.0138x-4.89$	0.96	$y=0.0071x+32.84$	0.59	$y=0.0013x+57.20$	0.20	$y=0.0034x+33.53$	0.68
	80℃	$y=0.0104x+13.68$	0.93	$y=0.0064x+18.00$	0.70	$y=0.0022x+24.58$	0.73	$y=0.0027x+21.12$	0.68
	95℃	$y=0.0105x+8.50$	0.82	$y=0.005x+18.33$	0.95	$y=0.0007x+25.28$	0.34	$y=0.0054x+12.77$	0.79

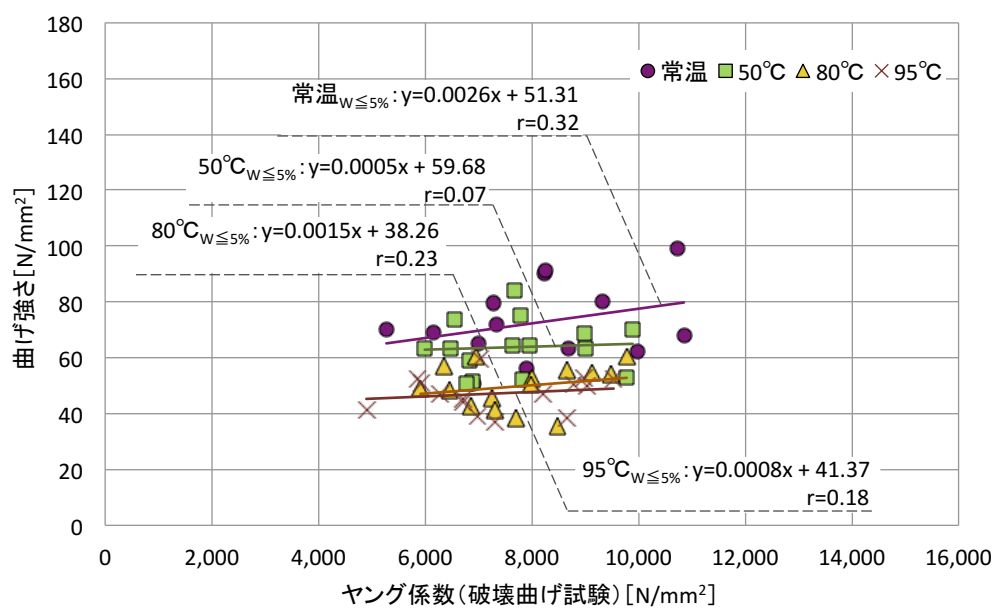


図6.1-5 ヤング係数と曲げ強さ  
 (スギ・試験体群A (含水率 $W \leq 5\%$ ))

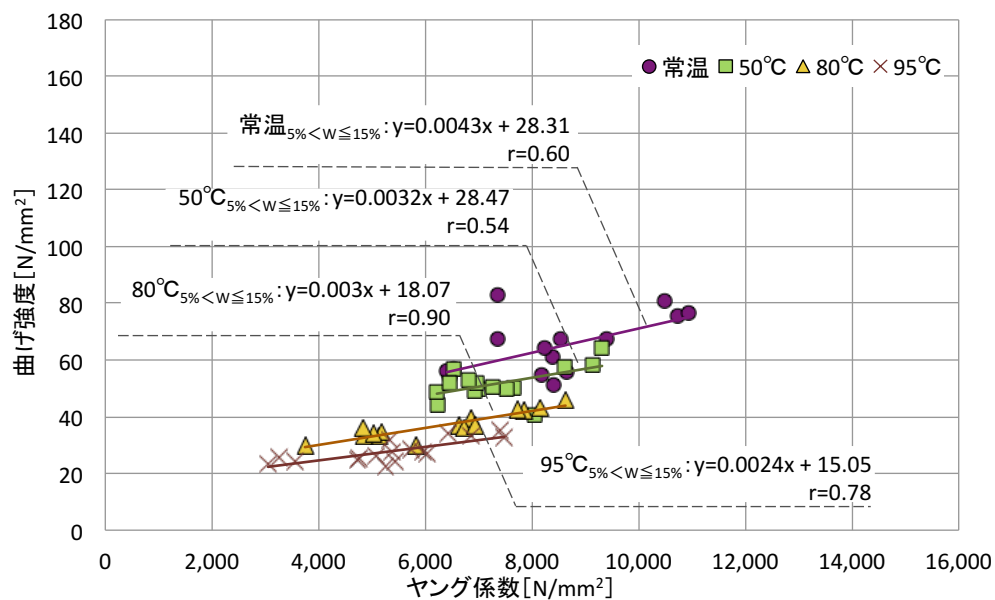


図6.1-6 ヤング係数と曲げ強さ  
 (スギ・試験体群B (5% < 含水率 $W \leq 15\%$ ))

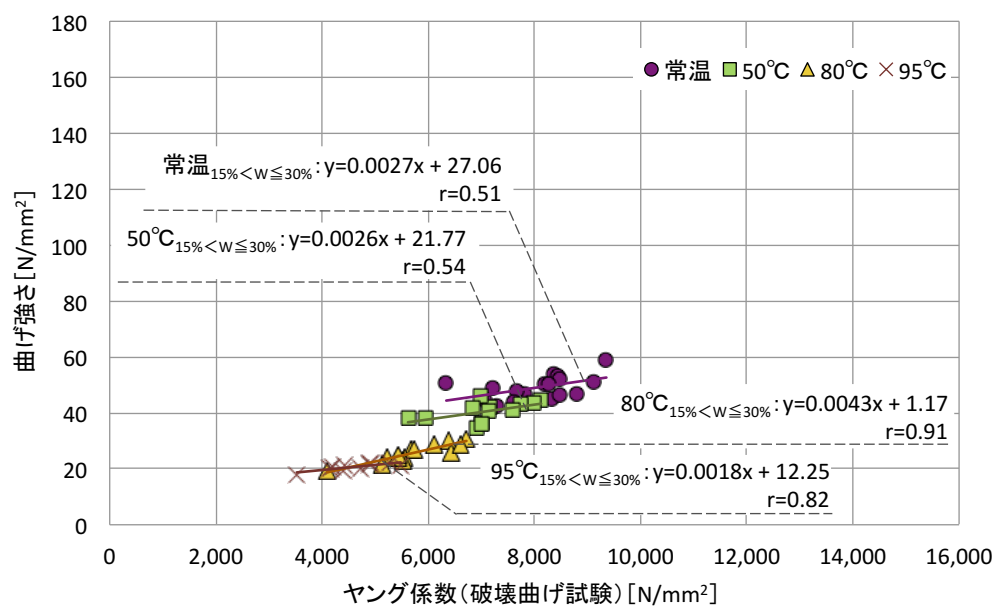


図6.1-7 ヤング係数と曲げ強さ  
(スギ・試験体群C (15% < 含水率W ≤ 30%) )

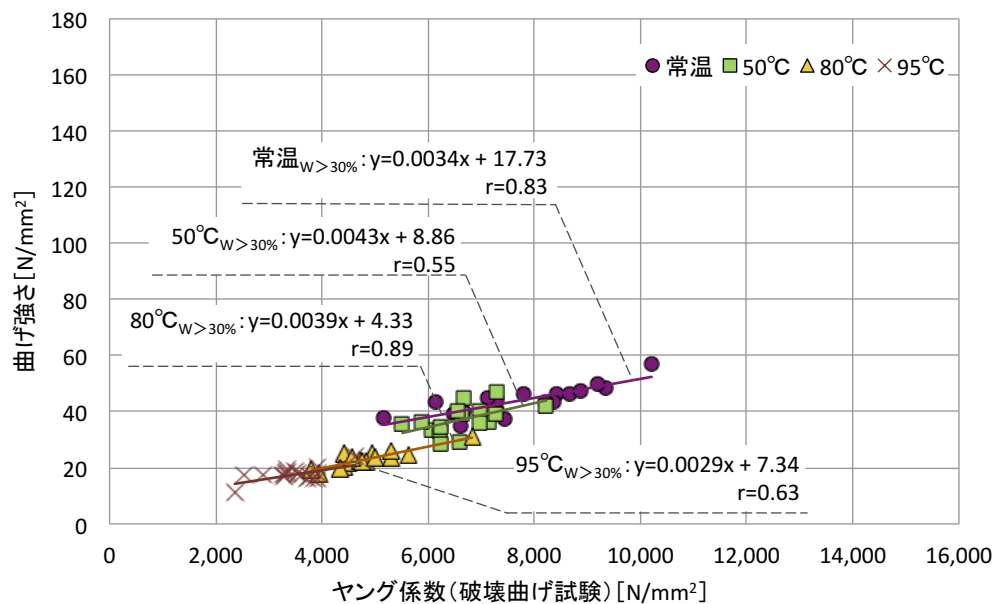


図6.1-8 ヤング係数と曲げ強さ  
(スギ・試験体群D (含水率W > 30%) )

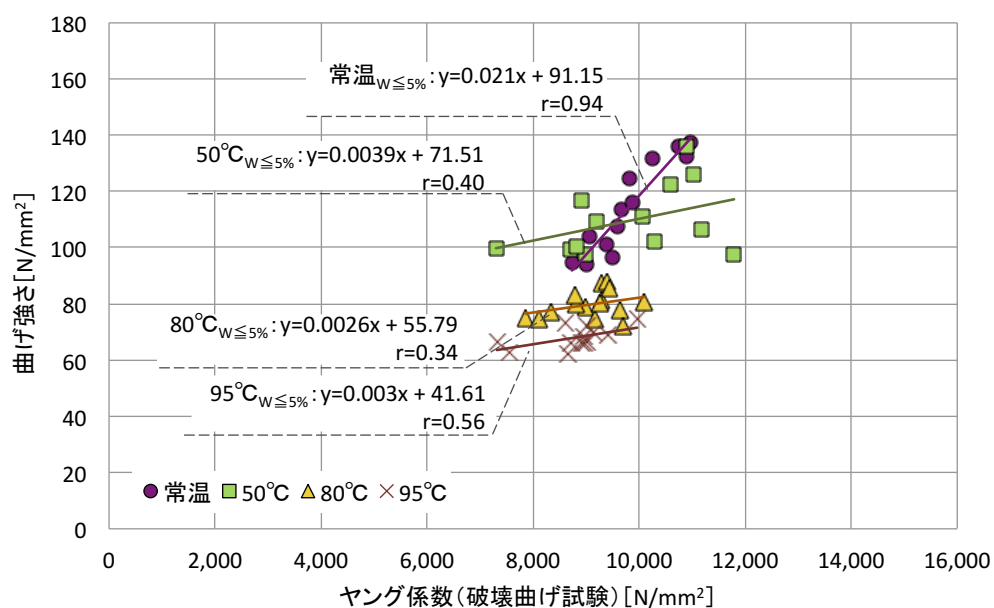


図6.1-9 ヤング係数と曲げ強さ  
 (カラマツ・試験体群A (含水率W%))

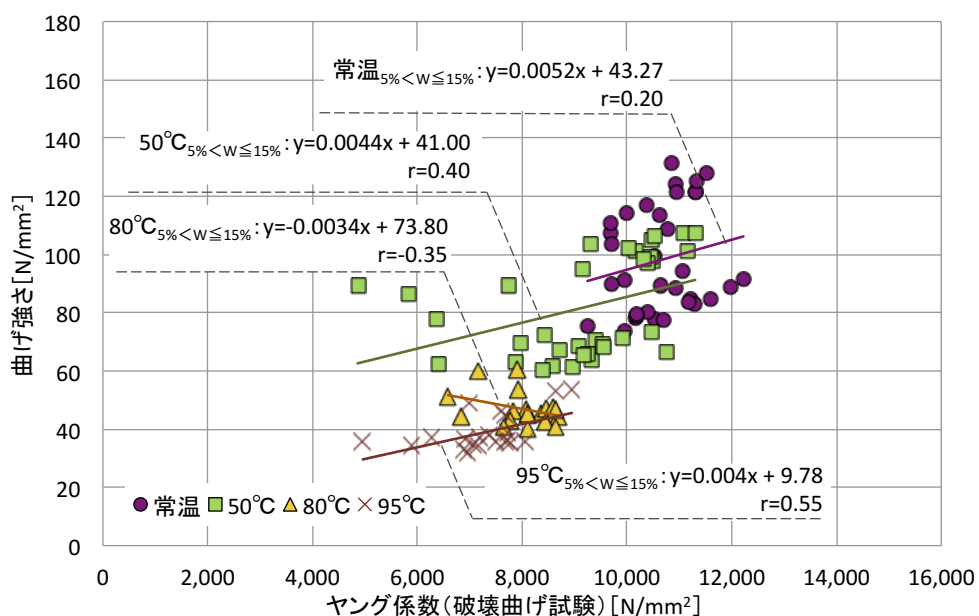


図6.1-10 ヤング係数と曲げ強さ  
 (カラマツ・試験体群B (5% < 含水率 W ≤ 15%))

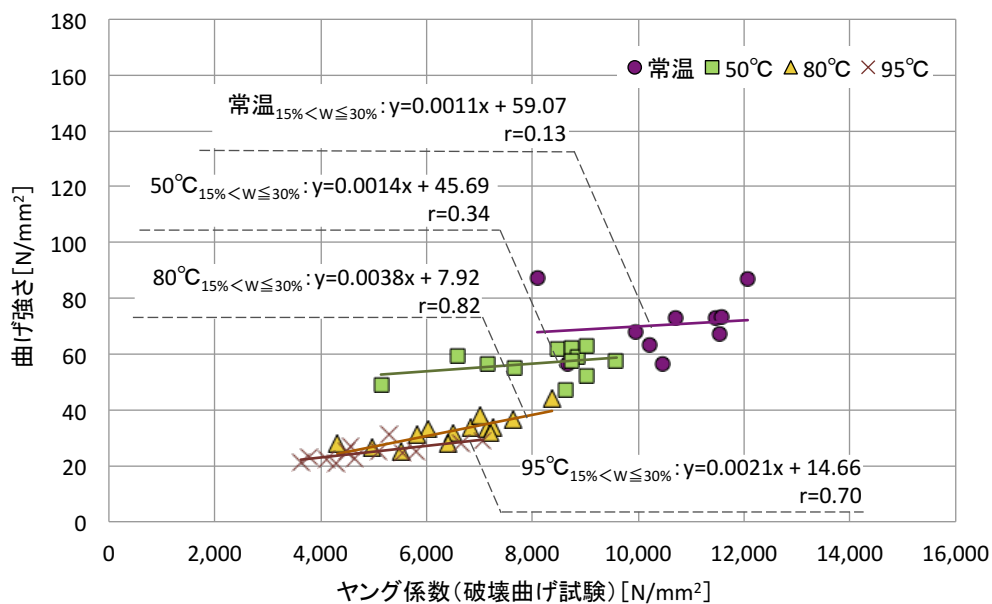


図6.1-11 ヤング係数と曲げ強さ  
(カラマツ・試験体群C (15% < 含水率W ≤ 30%) )

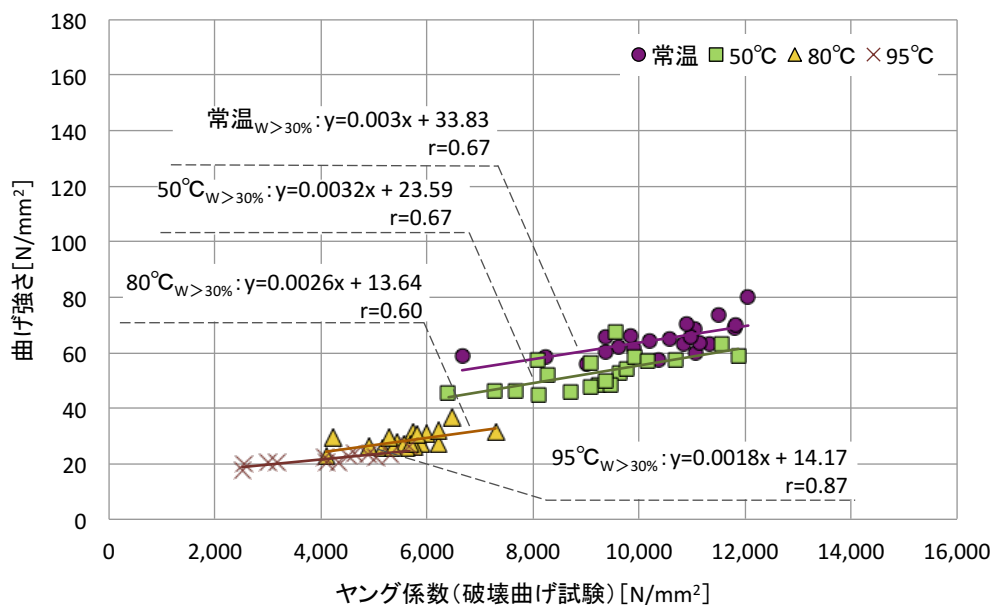


図6.1-12 ヤング係数と曲げ強さ  
(カラマツ・試験体群D (含水率W > 30%) )



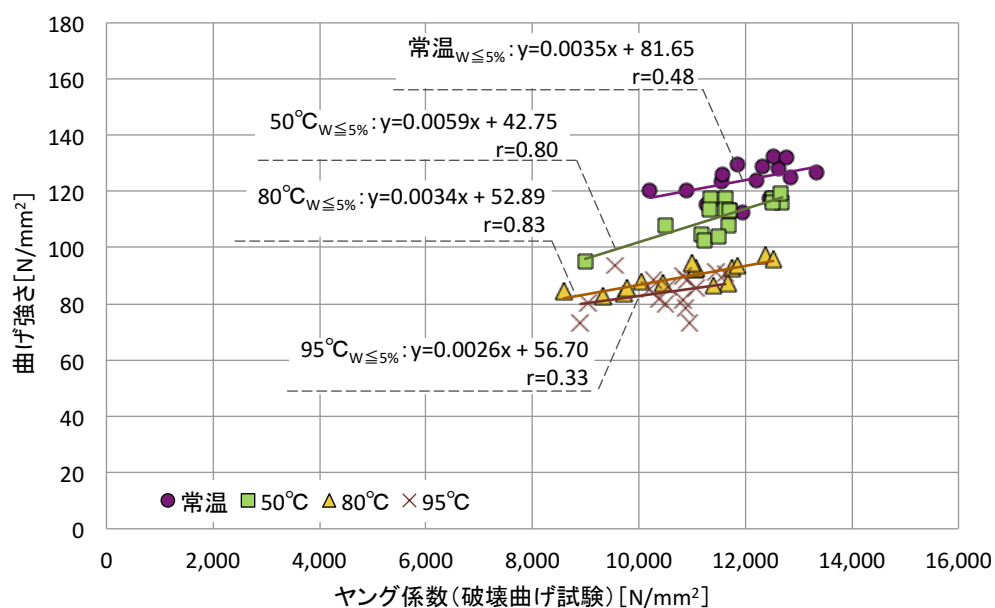


図6.1-13 ヤング係数と曲げ強さ  
(ベイマツ・試験体群A (含水率 $W \leq 5\%$ ))

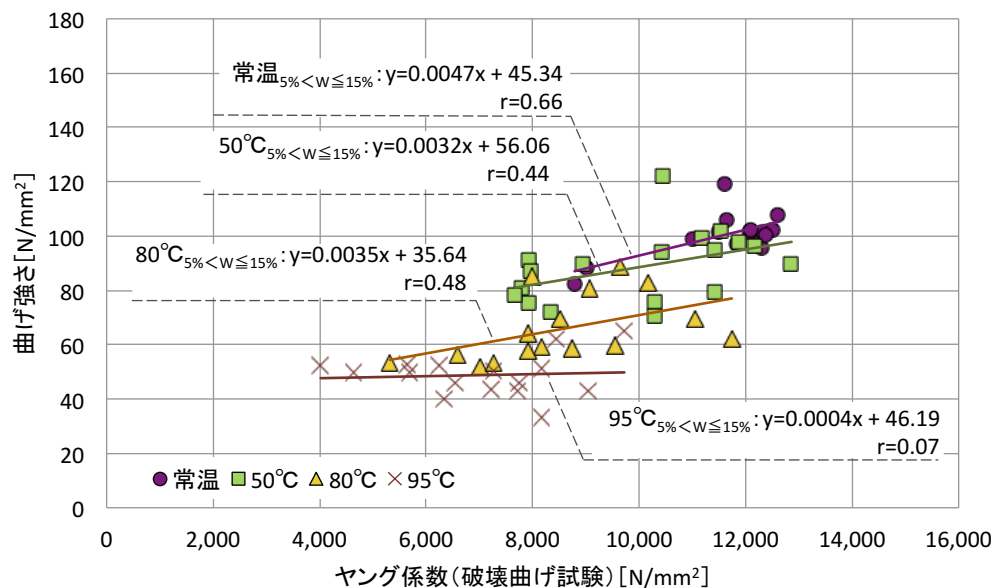


図6.1-14 ヤング係数と曲げ強さ  
(ベイマツ・試験体群B (5% < 含水率 $W \leq 15\%$ ))

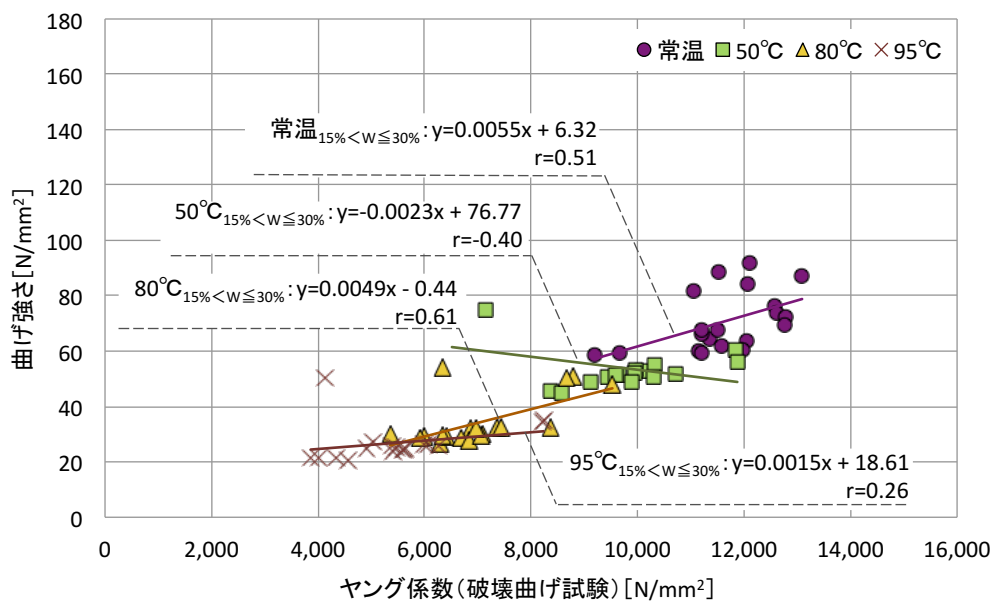


図6.1-15 ヤング係数と曲げ強さ  
(ベイマツ・試験体群C (15% < 含水率W ≤ 30%) )

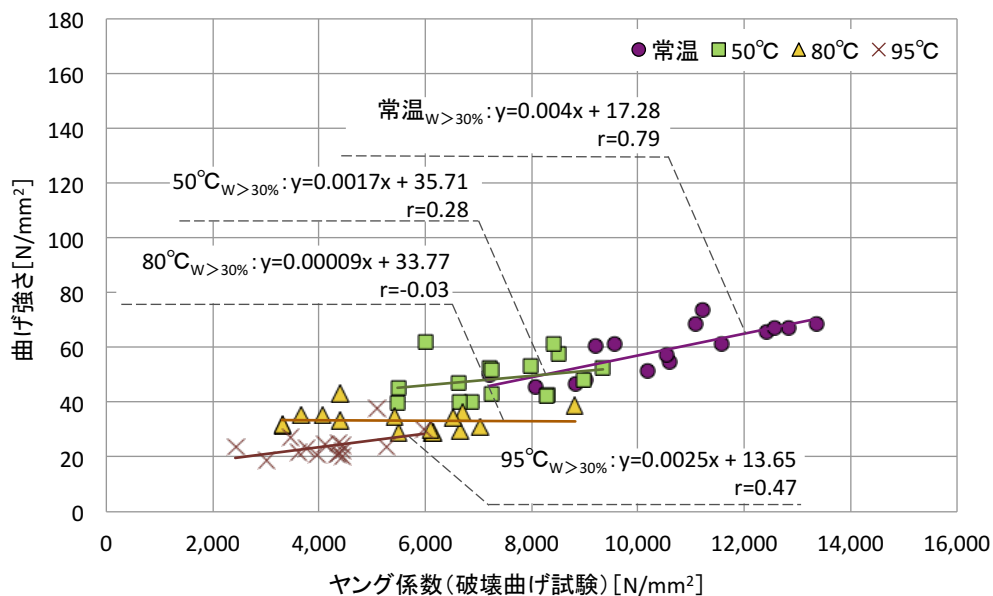


図6.1-16 ヤング係数と曲げ強さ  
(ベイマツ・試験体群D (含水率W > 30%) )

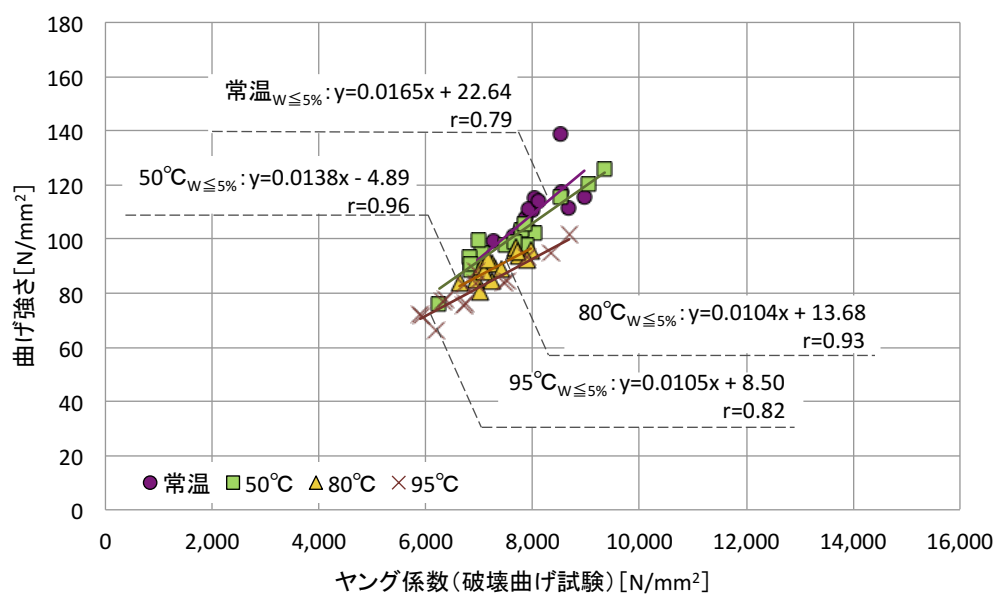


図6.1-17 ヤング係数と曲げ強さ  
(ケヤキ・試験体群A (含水率  $W \leq 5\%$ ))

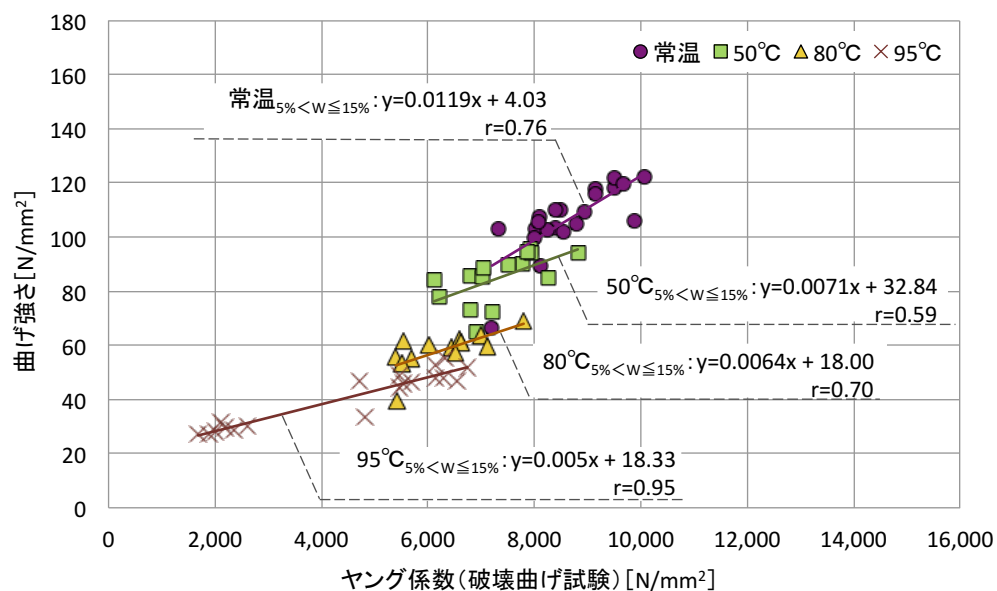


図6.1-18 ヤング係数と曲げ強さ  
(ケヤキ・試験体群B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ ))

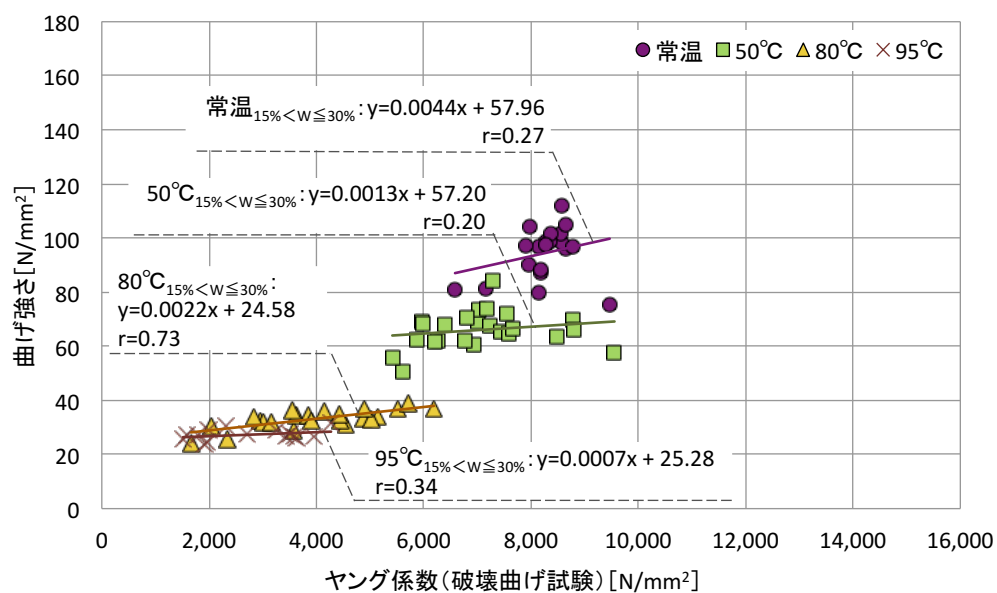


図6.1-19 ヤング係数と曲げ強さ  
(ケヤキ・試験体群C (15% < 含水率W ≤ 30%) )

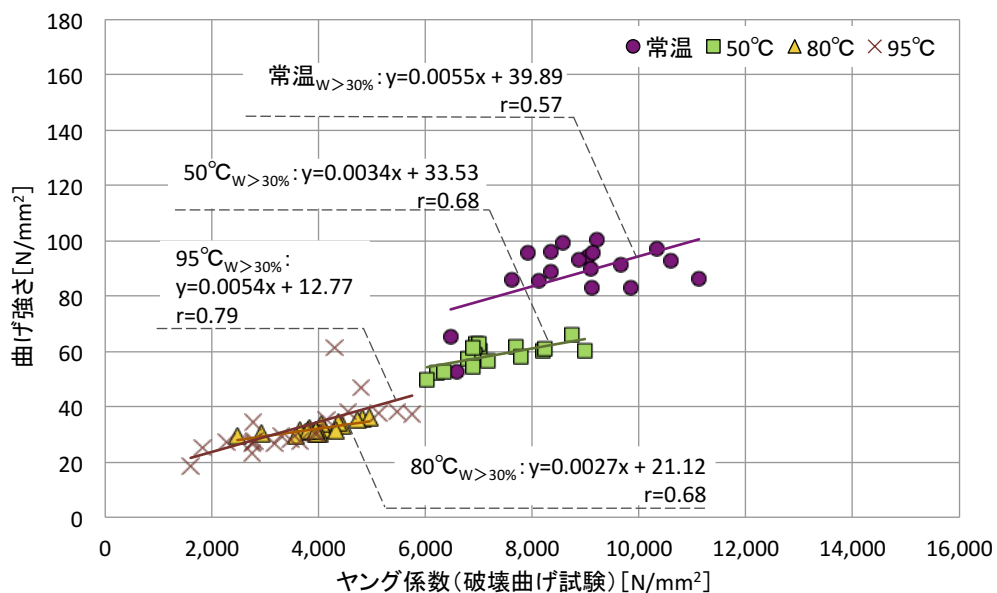


図6.1-20 ヤング係数と曲げ強さ  
(ケヤキ・試験体群D (含水率W > 30%) )

### (3) 加熱冷却後におけるヤング係数と曲げ強さ

第5章「加熱冷却後における木材の力学的特性」の実験による曲げ強さについて、ヤング係数との関係を図6.1-21～24に示し、実験条件ごとの回帰式と相関係数 $r$ の一覧を表6.1-4に示す。針葉樹材のスギ、ベイマツは200℃以下、カラマツでは150℃以下において、加熱冷却後曲げ強さの残存率が1.0（前述の表5.3-2参照）であり、また図6.1-21～23においても、常温時の値とほぼ同じ範囲に分布していることから、常温時のヤング係数および曲げ強さの関係が把握されていれば、改めて、予測法を検討する必要はないと考えられる。また、スギ及びベイマツ最高温度の相関係数は、それぞれ0.57、0.68であるのに対し、カラマツの200℃以上の相関係数は、0.86、0.89と両者の間に強い相関が認められ、ヤング係数による曲げ強さの予測に可能性があると考えられる。一方、広葉樹材のケヤキは、100℃以上の温度条件において、加熱冷却後曲げ強さの残存率が徐々に低下する（前述の表5.3-2参照）が、150℃以下のヤング係数および曲げ強さの相関係数は0.74以上と強い相関が認められるため、温度履歴に伴うヤング係数残存率を把握することで、ヤング係数による曲げ強さの予測に可能性があると考えられる。また、200℃および250℃での相関係数は、各々0.56、0.53と両者の間に正の相関が認められた。

表6.1-4 加熱冷却後ヤング係数と曲げ強さの回帰分析結果

樹種	温度	回帰式	相関係数	樹種	温度	回帰式	相関係数
スギ	常温	$y=0.01x+0.9$	0.78	カラマツ	常温	$y=0.0119x-0.83$	0.87
	100℃	$y=0.0099x+5.5$	0.69		100℃	$y=0.0165x-44.3$	0.80
	150℃	$y=0.009x+13.9$	0.63		150℃	$y=0.0139x-17.42$	0.83
	200℃	$y=0.0072x+24.2$	0.68		200℃	$y=0.0162x-53.1$	0.86
	230℃	$y=0.0079x+12.9$	0.57		250℃	$y=0.0108x-26.5$	0.89
ベイマツ	常温	$y=-0.0006x+128.3$	-0.03	ケヤキ	常温	$y=0.0079x+44.57$	0.85
	100℃	$y=0.0067x+44.7$	0.66		100℃	$y=0.0108x+7.5$	0.78
	150℃	$y=0.0038x+81.5$	0.32		150℃	$y=0.0119x-11.0$	0.74
	200℃	$y=0.009x+17.5$	0.51		200℃	$y=0.0089x+9.3$	0.56
	250℃	$y=0.0104x-19.0$	0.68		250℃	$y=0.0033x+23.0$	0.53

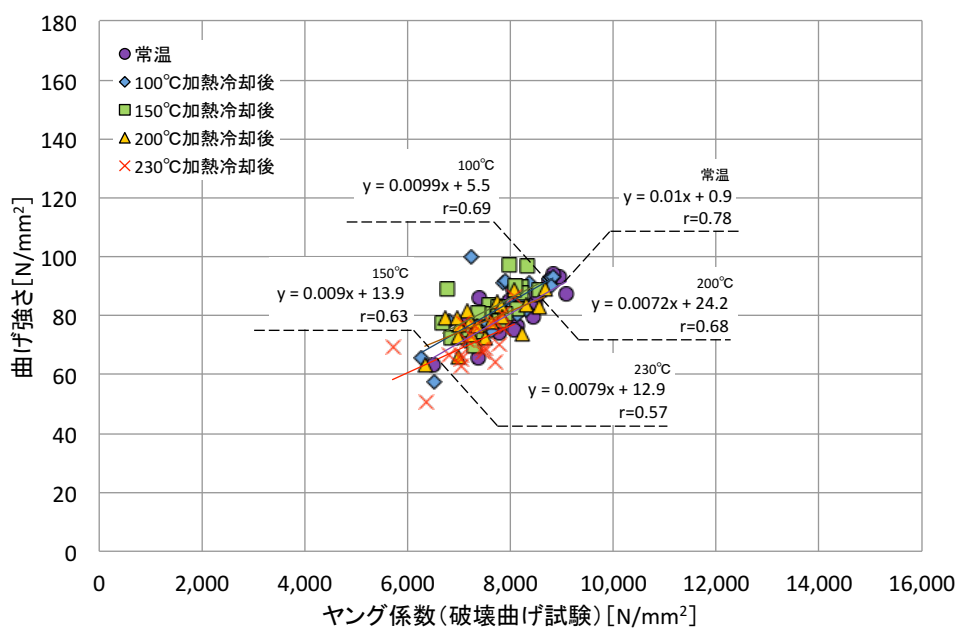


図6.1-21 ヤング係数と曲げ強さ（スギ）

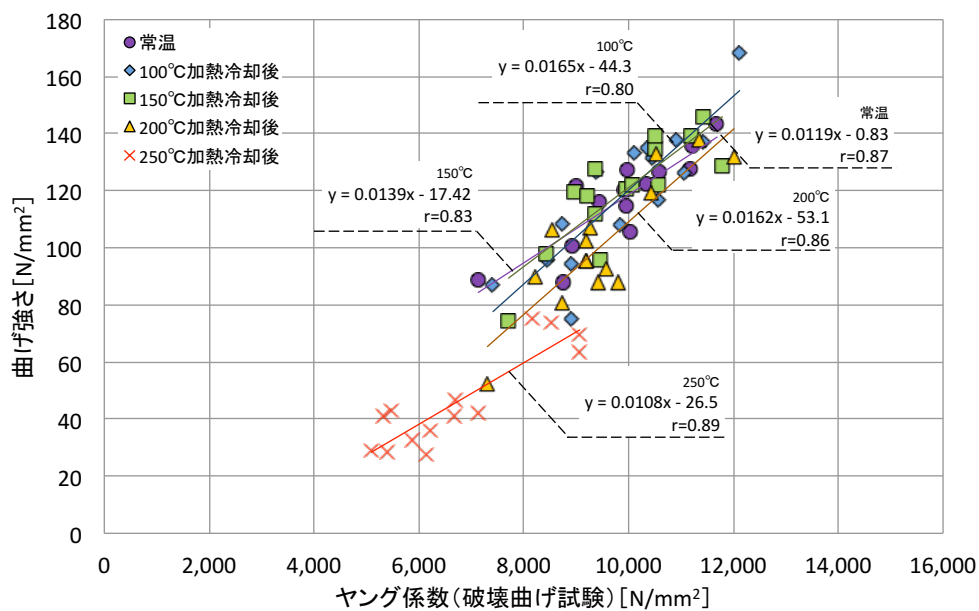


図6.1-22 ヤング係数と曲げ強さ（カラマツ）

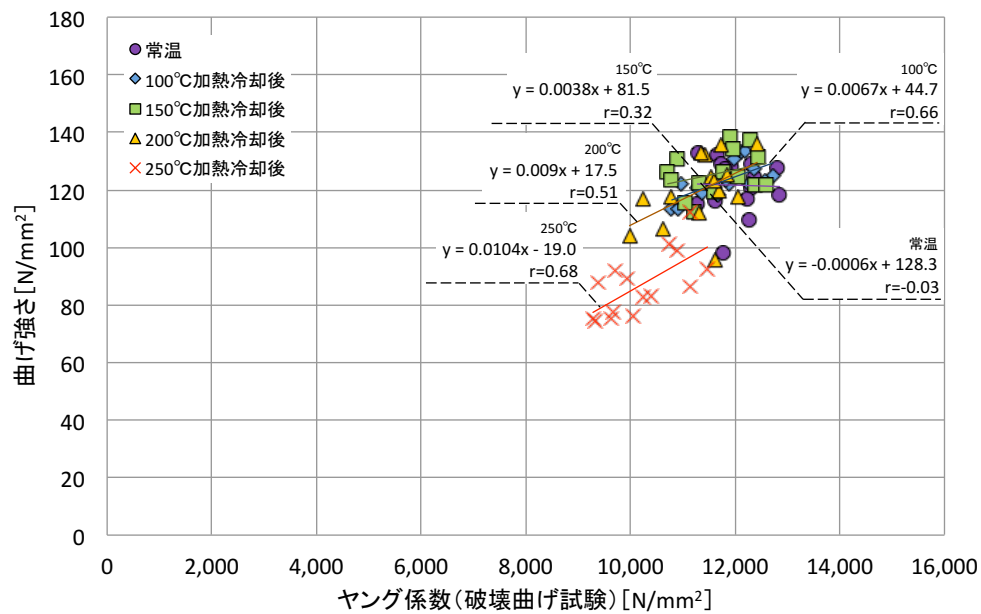


図6.1-23 ヤング係数と曲げ強さ (ベイマツ)

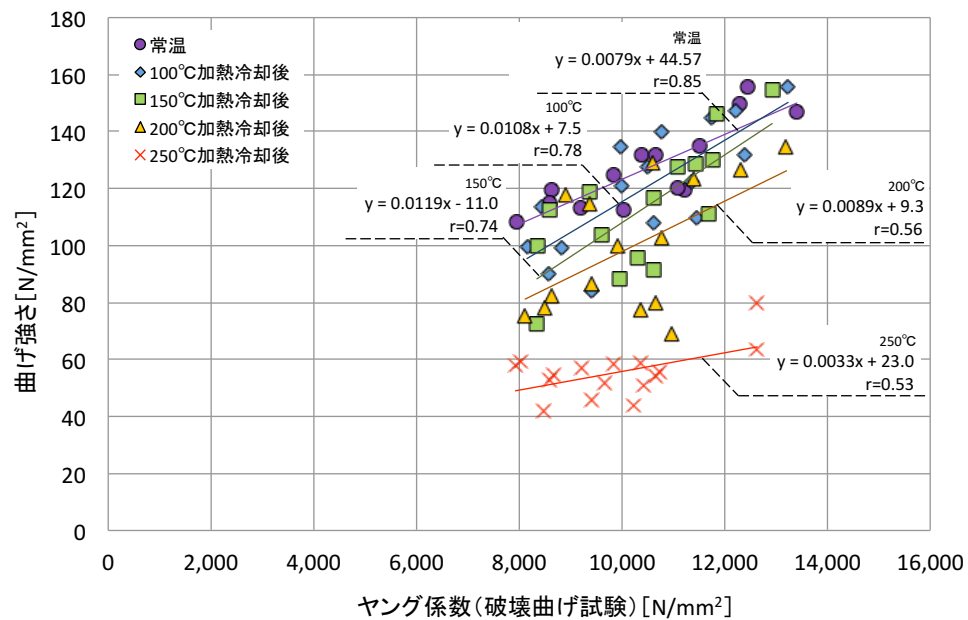


図6.1-23 ヤング係数と曲げ強さ (ケヤキ)

## 6.2 密度と曲げ強さ

常温時の木材の曲げ強さについては、ヤング係数と同様に、密度との相関があるとの報告<sup>3)-5)</sup>がされている。そこで本節では、第3章～第5章までに述べた実験の曲げ強さについて、破壊曲げ試験時の試験体密度との関係を考察し、密度による曲げ強さの予測可能性を検討する。

### (1) 100℃以上における密度と曲げ強さ

試験体密度の一覧は表6.2-1に示す。また、曲げ強さと試験体密度との関係を図6.2-1～4に、実験条件ごとの回帰式と相関係数 $r$ の一覧を表6.2-2に示す。いずれの温度条件においても、曲げ強さと密度の間に正の相関は認められるが、強い相関は見られない。これは、木材において、常温で一般に認められる密度と力学的特性の関係には、含水率も一要因となっていると考えられる<sup>3)</sup>が、本実験では、木材の力学的特性と温度の直接的な関係を把握するために、試験体含水率を3%まで下げて行っており、含水率の影響は生じ難いことが影響していると考えられる。

表6.2-1 100℃以上の試験体密度 [g/cm<sup>3</sup>] の一覧

樹種	スギ		カラマツ		ベイマツ		ケヤキ	
温度条件	平均値	最大値 最小値	平均値	最大値 最小値	平均値	最大値 最小値	平均値	最大値 最小値
常温	0.37	0.39 0.34	0.55	0.59 0.51	0.50	0.53 0.46	0.66	0.71 0.58
100℃	0.36	0.41 0.32	0.54	0.58 0.48	0.50	0.55 0.46	0.67	0.73 0.57
150℃	0.35	0.39 0.32	0.53	0.56 0.50	0.48	0.52 0.44	0.64	0.72 0.55
200℃	0.35	0.41 0.31	0.53	0.57 0.50	0.47	0.51 0.44	0.64	0.72 0.53
230℃/250℃*	0.34	0.40 0.30	0.49	0.53 0.44	0.46	0.48 0.41	0.56	0.62 0.48

\* スギは230℃、カラマツ・ベイマツ・ケヤキは250℃の値を記載する。

表6.2-2 100℃以上の密度の曲げ強さの回帰分析結果

樹種	温度	回帰式	相関係数	樹種	温度	回帰式	相関係数
スギ	常温	$y=310.84x-33.85$	0.57	カラマツ	常温	$y=532x-178.28$	0.40
	100℃	$y=121.99x+15.91$	0.48		100℃	$y=384.55x-119.49$	0.60
	150℃	$y=142.49x+1.947$	0.63		150℃	$y=400.4x-146.66$	0.78
	200℃	$y=58.118x+17.08$	0.47		200℃	$y=72.79x+9.08$	0.14
	230℃	$y=31.298x+13.91$	0.29		250℃	$y=128.29x-40.06$	0.55
ベイマツ	常温	$y=186.28x+28.25$	0.35	ケヤキ	常温	$y=186.28x+4.42$	0.63
	100℃	$y=90.10x+28.17$	0.43		100℃	$y=184.85x-40.6$	0.54
	150℃	$y=167.81x-10.26$	0.66		150℃	$y=96.64x+8.4$	0.54
	200℃	$y=110.65x+7.18$	0.52		200℃	$y=81.78x-13.1$	0.47
	250℃	$y=10.38x+25.55$	0.04		250℃	$y=27.26x+3.4$	0.32



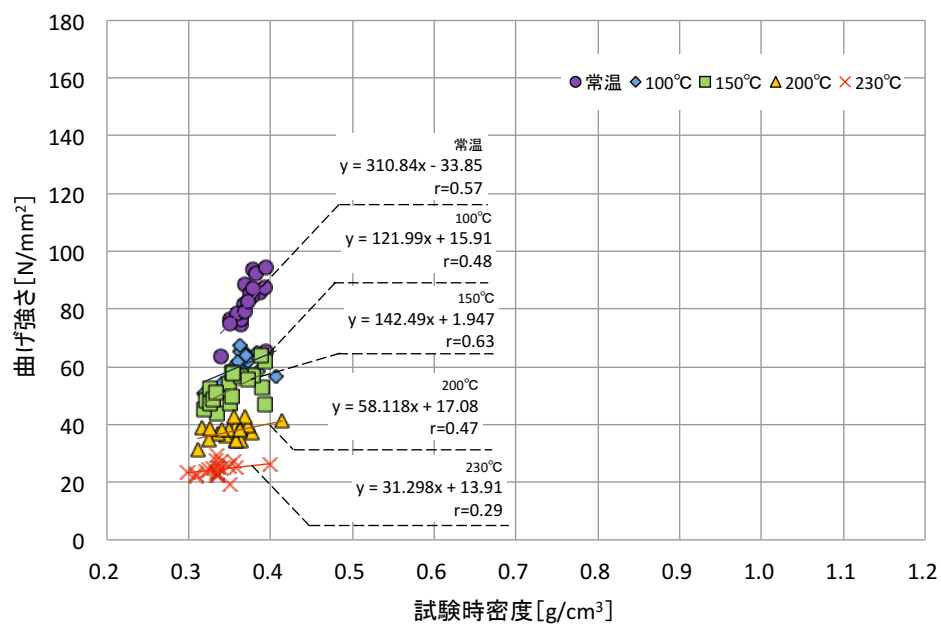


図6.2-1 密度と曲げ強さ (スギ)

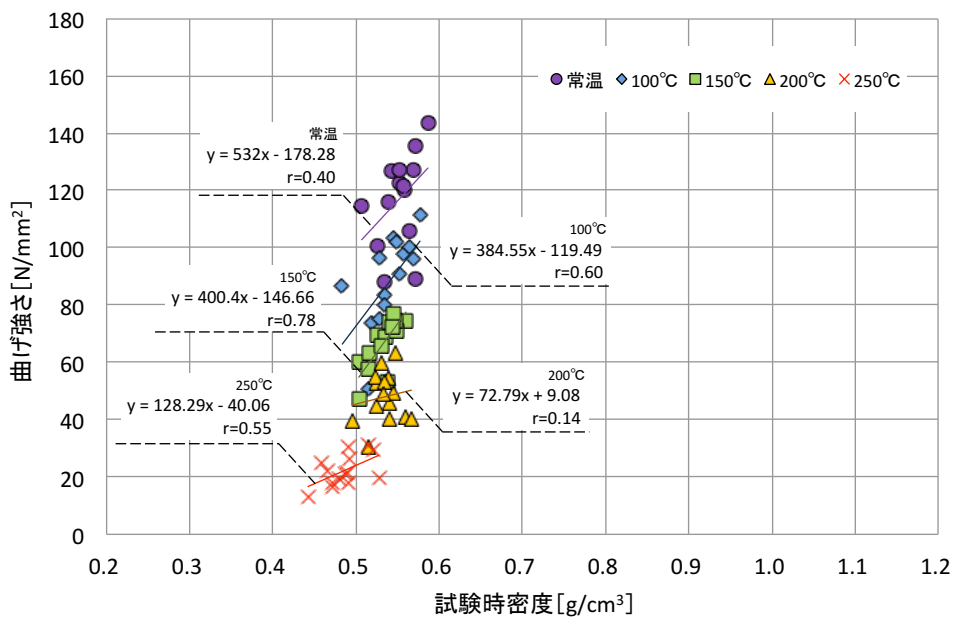


図6.2-2 密度と曲げ強さ (カラマツ)

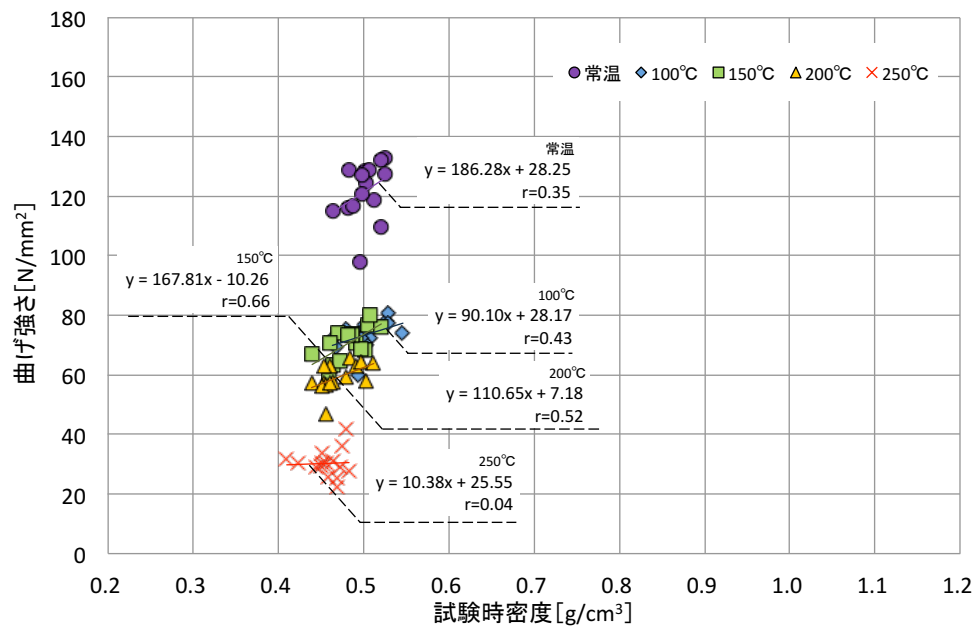


図6.2-3 密度と曲げ強さ (ベイマツ)

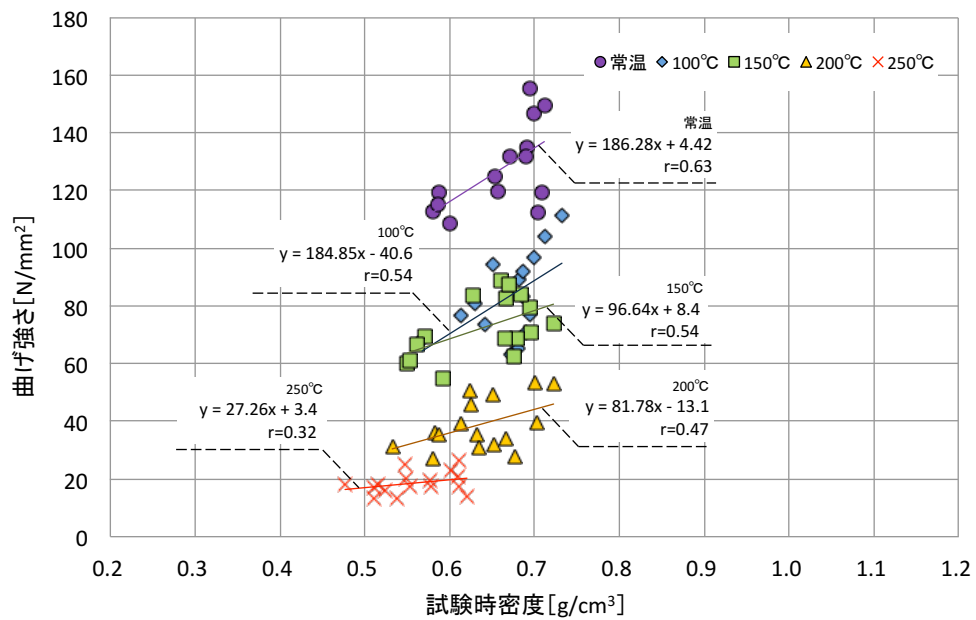


図6.2-4 密度と曲げ強さ (ケヤキ)

## (2) 100℃未満における密度と曲げ強さ

試験体密度の一覧は表 6.2-3 に示す。また、曲げ強さと試験体密度との関係を図 6.2-5 ～20 に、実験条件ごとの回帰式と相関係数  $r$  の一覧を表 6.2-4 に示す。100℃未満における曲げ強さと密度との相関関係は、本実験の結果からは、樹種により異なる傾向がみられた。スギは、いずれの試験体群・温度条件においても両者の間に正の相関は認められる。一方、カラマツ及びベイマツの試験体群 A (含水率 5 %以下) 及び試験体群 D (含水率 30% 超) とケヤキの試験体群 A (含水率 5 %以下) では、いずれの温度条件においても両者の間に正の相関がみられるのに対し、カラマツ及びベイマツの試験体群 B 及び C (含水率 5% 超 30%以下)、ケヤキの試験体群 B、C、D (含水率 30%超) では負の相関関係がみられる結果となった。なお、木材において、常温で一般に認められる密度と力学的特性の関係には、含水率の他に、木材の産地やそれに伴う年輪幅の差違等も要因となっていると考えられるが、本実験では、可能な限り同一の材より試験体を製作しているため、これらの影響は生じ難い。

表6.2-3 100℃未満の試験体密度 [g/cm<sup>3</sup>] の一覧

含水率		試験体群A W ≤ 5%		試験体群B 5% < W ≤ 15%		試験体群C 15% < W ≤ 30%		試験体群D W > 30%	
樹種	温度条件	平均値	最大値 最小値	平均値	最大値 最小値	平均値	最大値 最小値	平均値	最大値 最小値
スギ	常温	0.38	0.43	0.40	0.47	0.43	0.47	0.66	0.87
			0.32		0.34		0.38		0.45
	50℃	0.37	0.43	0.40	0.46	0.42	0.46	0.66	0.96
			0.33		0.34		0.36		0.45
	80℃	0.37	0.43	0.40	0.45	0.43	0.46	0.67	0.95
			0.32		0.33		0.39		0.45
	95℃	0.37	0.42	0.40	0.46	0.43	0.49	0.67	0.94
			0.28		0.32		0.37		0.44
カラマツ	常温	0.56	0.68	0.58	0.64	0.65	0.70	0.74	0.96
			0.48		0.52		0.61		0.56
	50℃	0.58	0.67	0.58	0.62	0.64	0.69	0.75	0.98
			0.51		0.53		0.54		0.65
	80℃	0.56	0.60	0.59	0.62	0.64	0.68	0.75	0.99
			0.50		0.54		0.58		0.65
	95℃	0.55	0.59	0.59	0.64	0.65	0.73	0.76	0.99
			0.52		0.55		0.59		0.62
ベイマツ	常温	0.52	0.55	0.55	0.57	0.60	0.64	0.76	0.89
			0.48		0.51		0.55		0.68
	50℃	0.51	0.55	0.54	0.58	0.61	0.64	0.76	0.86
			0.46		0.51		0.58		0.68
	80℃	0.51	0.54	0.54	0.58	0.60	0.64	0.76	0.87
			0.48		0.51		0.57		0.68
	95℃	0.51	0.55	0.55	0.58	0.60	0.64	0.75	0.86
			0.47		0.50		0.56		0.68
ケヤキ	常温	0.56	0.58	0.65	0.84	0.73	0.86	0.99	1.11
			0.54		0.58		0.63		0.76
	50℃	0.57	0.61	0.62	0.77	0.74	0.86	1.02	1.09
			0.54		0.59		0.63		0.87
	80℃	0.57	0.59	0.61	0.71	0.74	0.86	0.98	1.07
			0.54		0.56		0.63		0.75
	95℃	0.57	0.59	0.66	0.80	0.73	0.85	0.96	1.08
			0.53		0.57		0.64		0.74

表6.2-4 100℃未満の密度の曲げ強さの回帰分析結果

含水率		試験体群A W≤5%		試験体群B 5%<W≤15%		試験体群C 15%<W≤30%		試験体群D W>30%	
樹種	温度	回帰式	相関係数	回帰式	相関係数	回帰式	相関係数	回帰式	相関係数
スギ	常温	y=178.62x+5.54	0.49	y=194.53x-14.83	0.73	y=66.72x+20.53	0.46	y=23.57x+28.43	0.60
	50℃	y=74.58x+35.87	0.27	y=113.36x+6.22	0.70	y=12.08x+35.37	0.09	y=5.81x+33.52	0.17
	80℃	y=111.61x+8.06	0.45	y=120.36x-11.15	0.92	y=38.37x+9.08	0.26	y=15.31x+12.79	0.63
	95℃	y=42.19x+31.71	0.26	y=7.83x+34.19	0.05	y=15.62x+13.89	0.37	y=7.21x+12.78	0.44
カラマツ	常温	y=256.7x-28.53	0.88	y=-235.03x+234.55	-0.38	y=92.61x+10.54	0.29	y=-3.76x+67.46	-0.06
	50℃	y=140.61x+28.53	0.61	y=-256.02x+229.45	-0.41	y=-10.29x+63.40	-0.08	y=21.33x+36.78	0.31
	80℃	y=29.05x+63.61	0.19	y=-25.95x+62.24	-0.09	y=11.85x+24.98	0.06	y=18.01x+14.89	0.54
	95℃	y=-78.25x+110.77	-0.44	y=46.06x+11.90	0.16	y=1.34x+24.20	0.02	y=7.75x+15.94	0.40
ベイマツ	常温	y=113.18x+65.81	0.39	y=279.94x-52.41	0.60	y=-139.29x+158.74	-0.33	y=82.32x-3.71	0.59
	50℃	y=149.66x+34.66	0.58	y=-68.17x+125.69	-0.11	y=-193.97x+173.12	-0.46	y=86.10x-16.76	0.69
	80℃	y=82.07x+47.84	0.30	y=-37x+85.89	-0.06	y=-206.13x+158.95	-0.53	y=50.66x-5.12	0.75
	95℃	y=186.62x-11.36	0.66	y=-41.07x+71.27	-0.13	y=-77.88x+73.26	-0.27	y=45.49x-9.93	0.54
ケヤキ	常温	y=91.34x+57.45	0.09	y=-25.43x+123	-0.16	y=-16.54x+106.41	-0.14	y=-31.11x+118.94	-0.28
	50℃	y=328.38x-86.02	0.52	y=-105.13x+150.57	-0.64	y=18.81x+52.14	0.20	y=-3.81x+62.48	-0.05
	80℃	y=100.84x+33.16	0.33	y=-105.9x+122.91	-0.61	y=-7.43x+38.70	-0.15	y=-12.49x+44.20	-0.69
	95℃	y=219.7x-42.93	0.47	y=-114.56x+116.44	-0.89	y=-6.87x+32.36	-0.26	y=31.22x+2.19	0.39

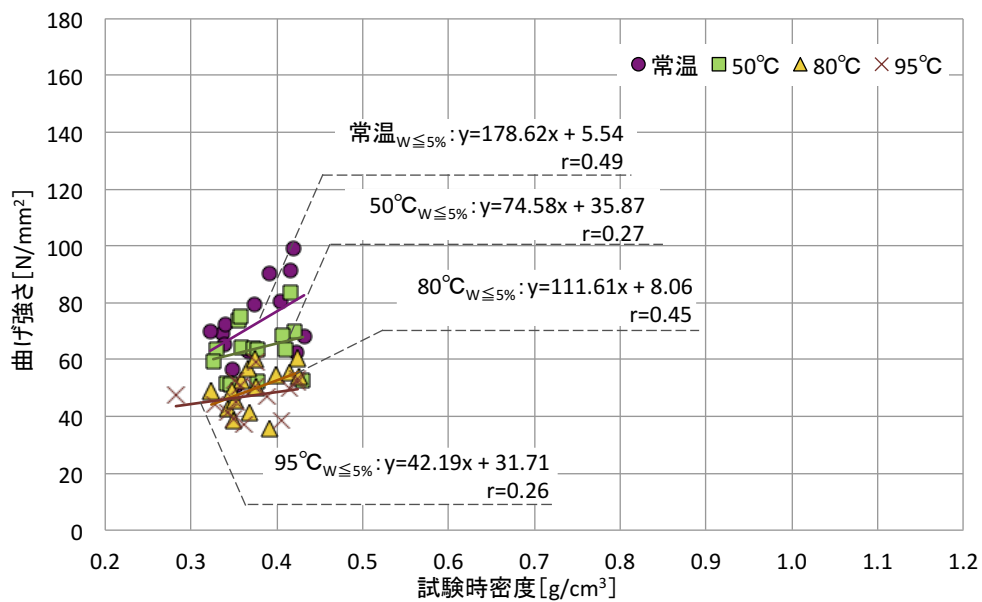


図6.2-5 密度と曲げ強さ  
(スギ・試験体群A (含水率 $W \leq 5\%$ ))

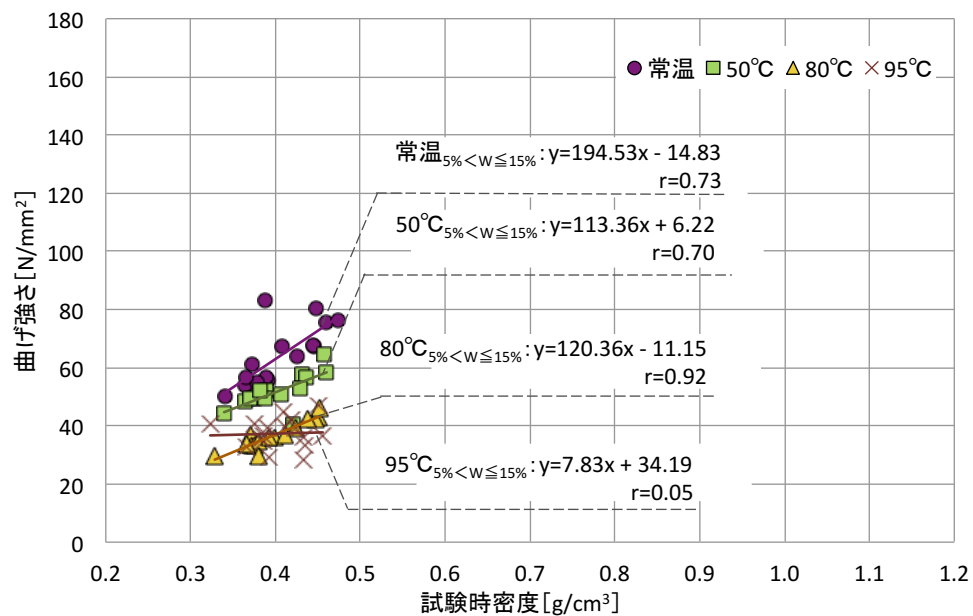


図6.2-6 密度と曲げ強さ  
(スギ・試験体群B (5% < 含水率 $W \leq 15\%$ ))

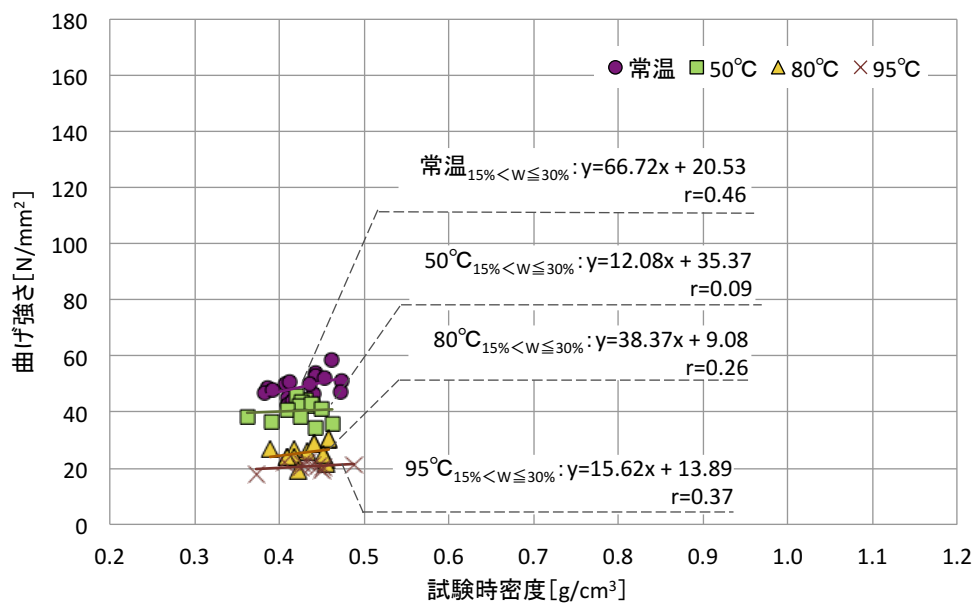


図6.2-7 密度と曲げ強さ  
(スギ・試験体群C (15% < 含水率W ≤ 30%) )

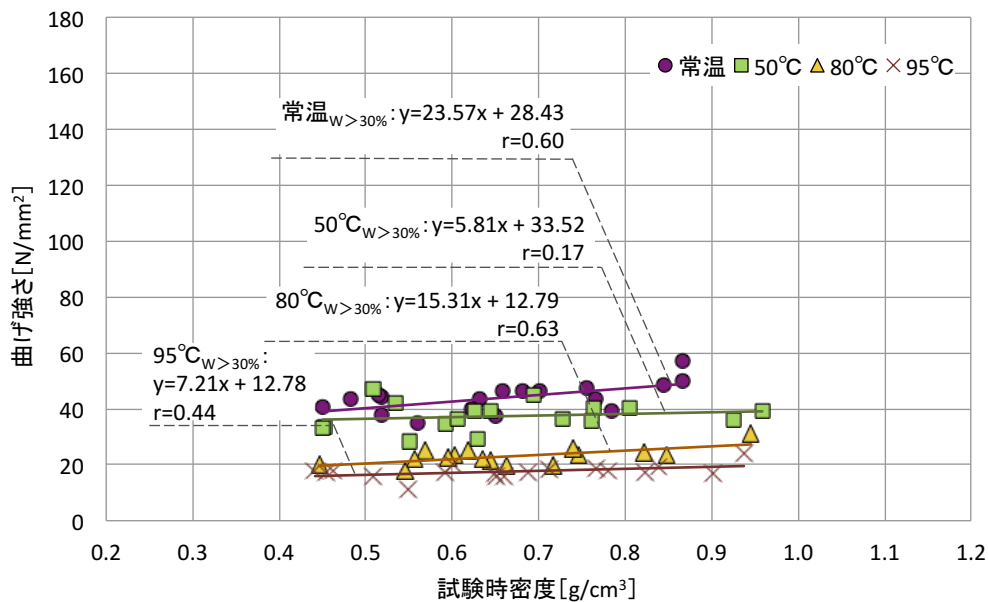


図6.2-8 密度と曲げ強さ  
(スギ・試験体群D (含水率W > 30%) )

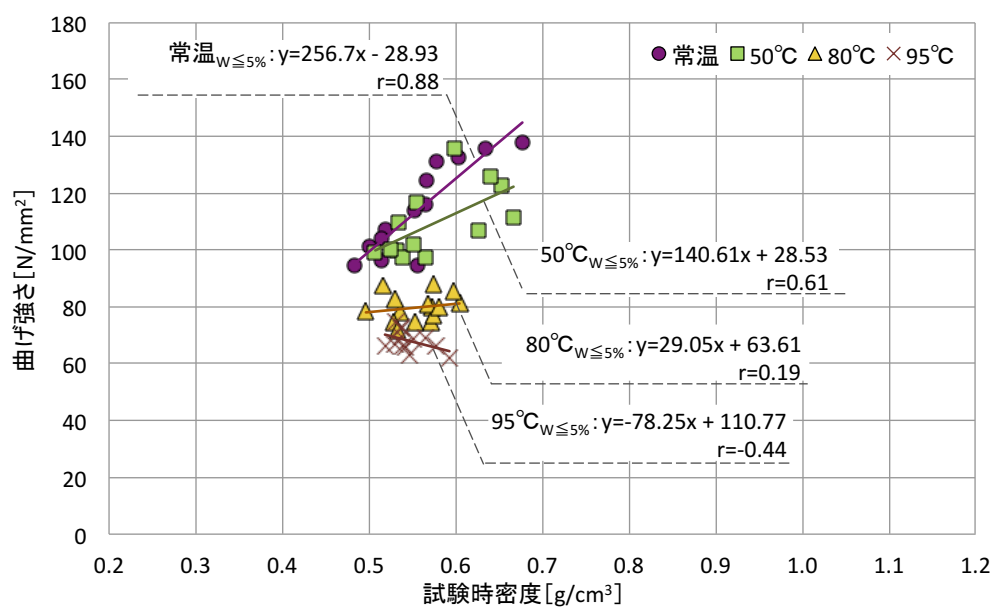


図6.2-9 密度と曲げ強さ  
(カラマツ・試験体群A (含水率  $W \leq 5\%$ ))

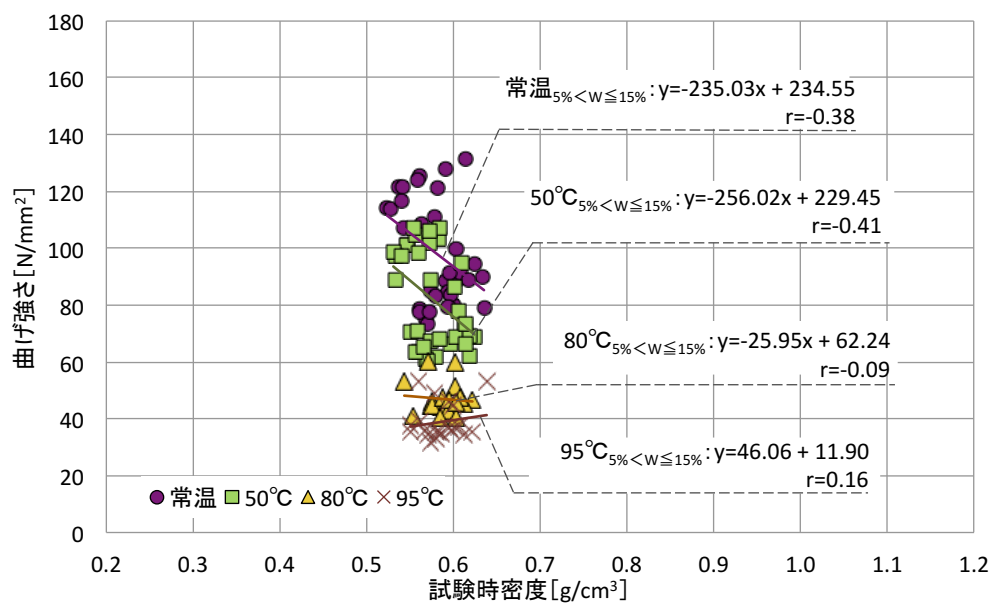


図6.2-10 密度と曲げ強さ  
(カラマツ・試験体群B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ ))

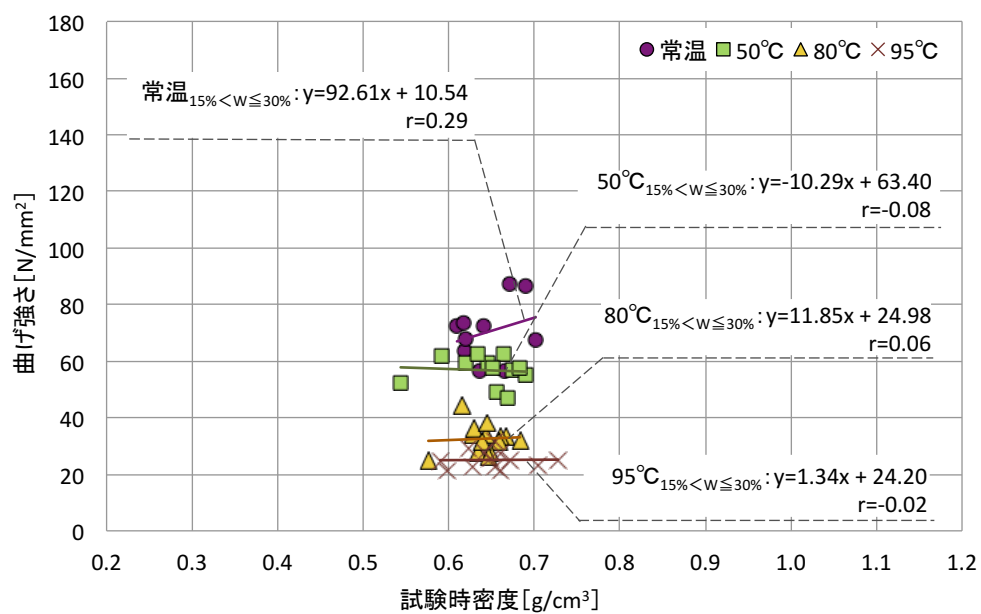


図6.2-11 密度と曲げ強さ  
(カラマツ・試験体群C (15% < 含水率W ≤ 30%) )

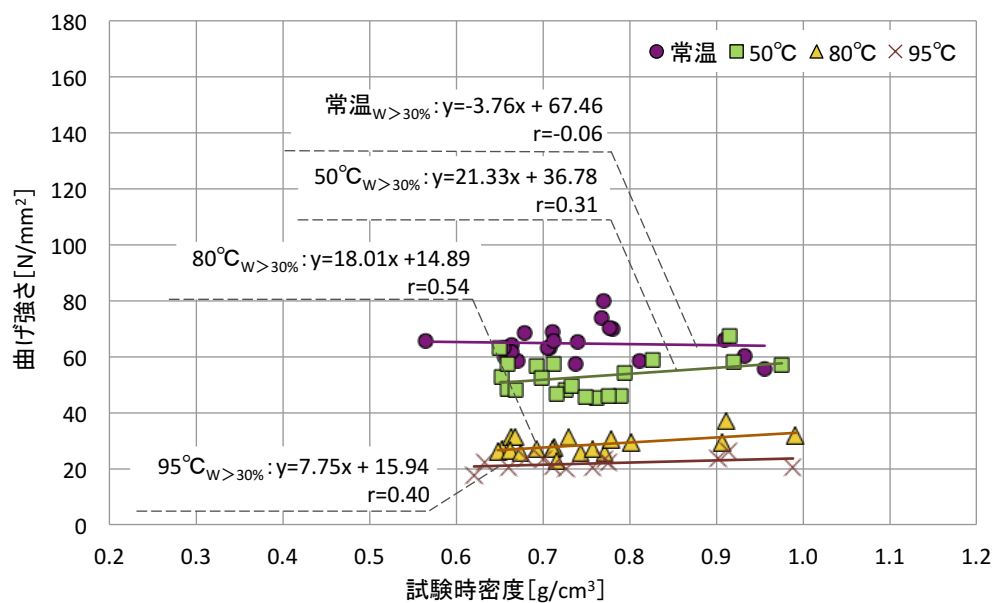


図6.2-12 密度と曲げ強さ  
(カラマツ・試験体群D (含水率W > 30%) )



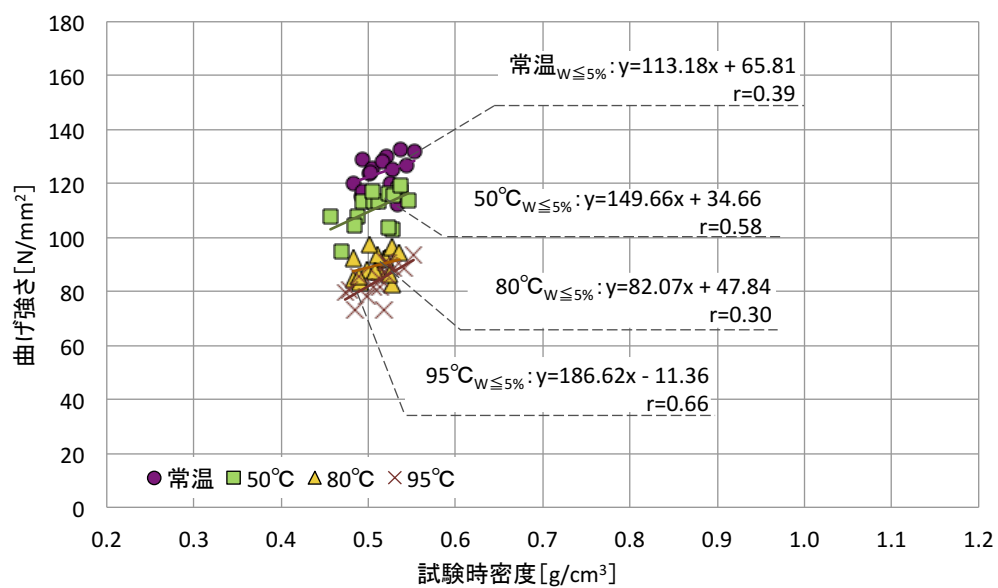


図6.2-13 密度と曲げ強さ  
(ベイマツ・試験体群A (含水率 $W \leq 5\%$ ))

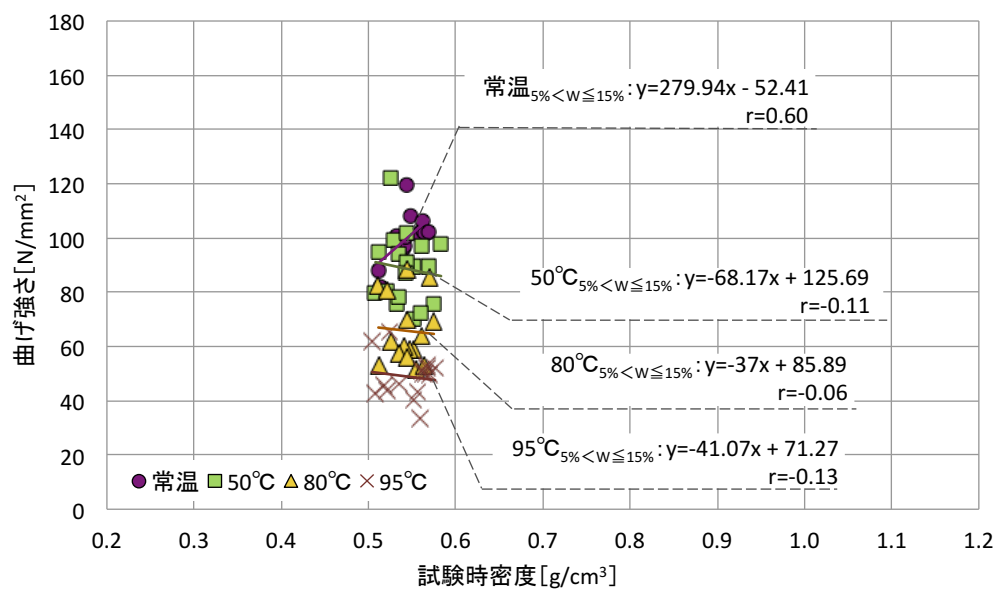


図6.2-14 密度と曲げ強さ  
(ベイマツ・試験体群B (5% < 含水率 $W \leq 15\%$ ))

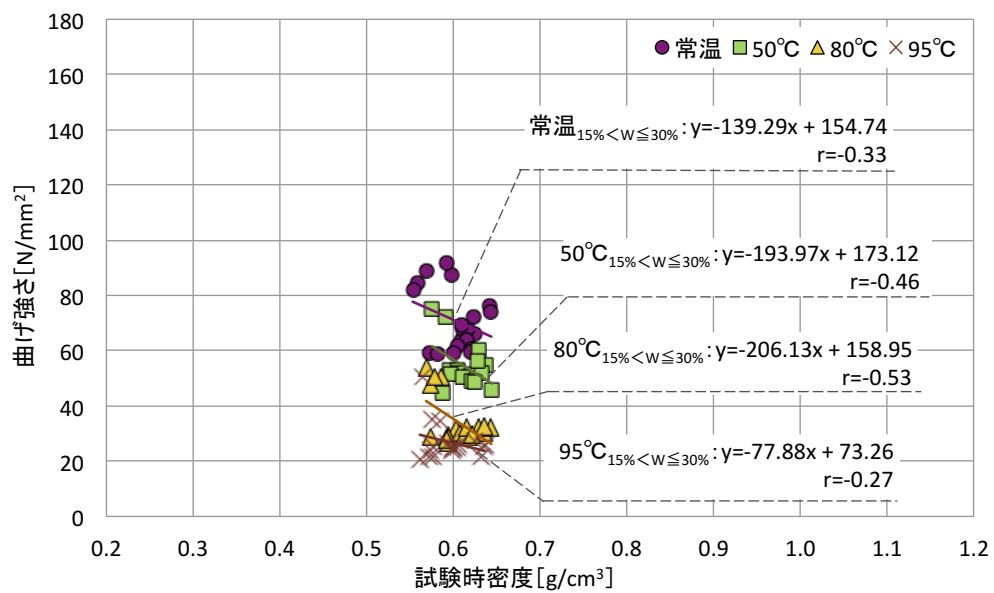


図6.2-15 密度と曲げ強さ  
(ベイマツ・試験体群C (15% < 含水率W ≤ 30%) )

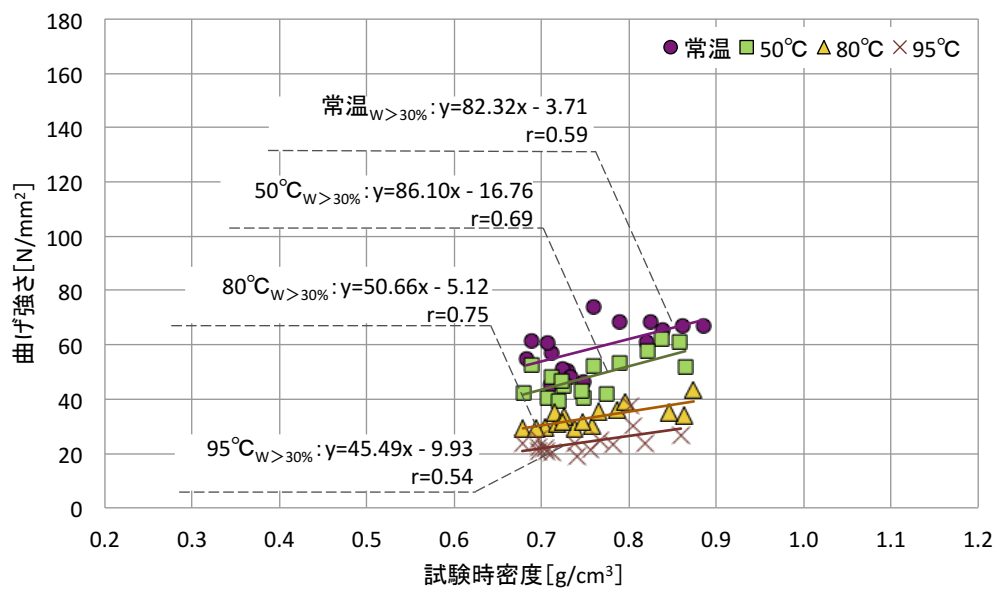


図6.2-16 密度と曲げ強さ  
(ベイマツ・試験体群D (含水率W > 30%) )

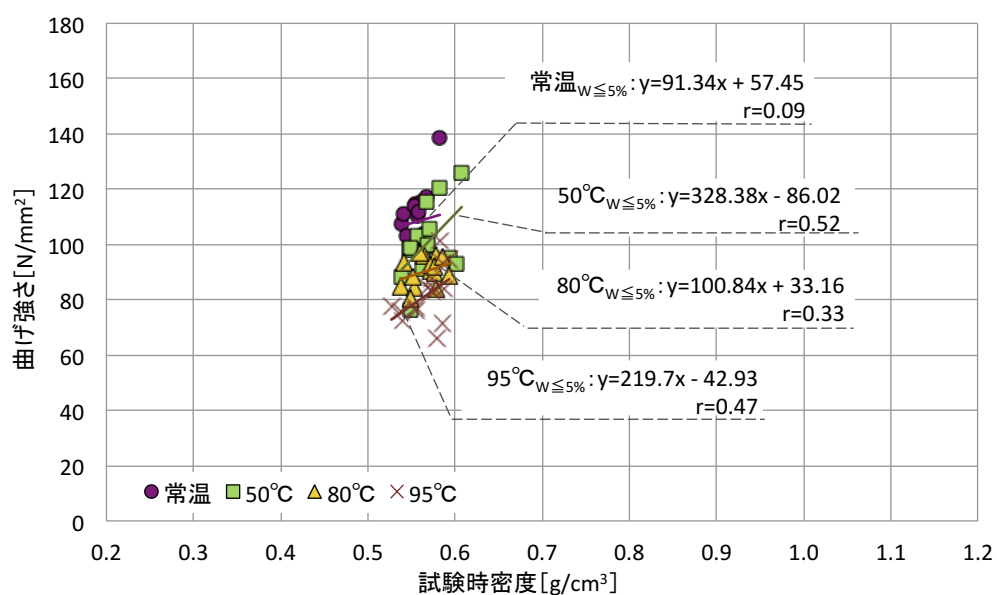


図6.2-17 密度と曲げ強さ  
(ケヤキ・試験体群A (含水率  $W \leq 5\%$ ))

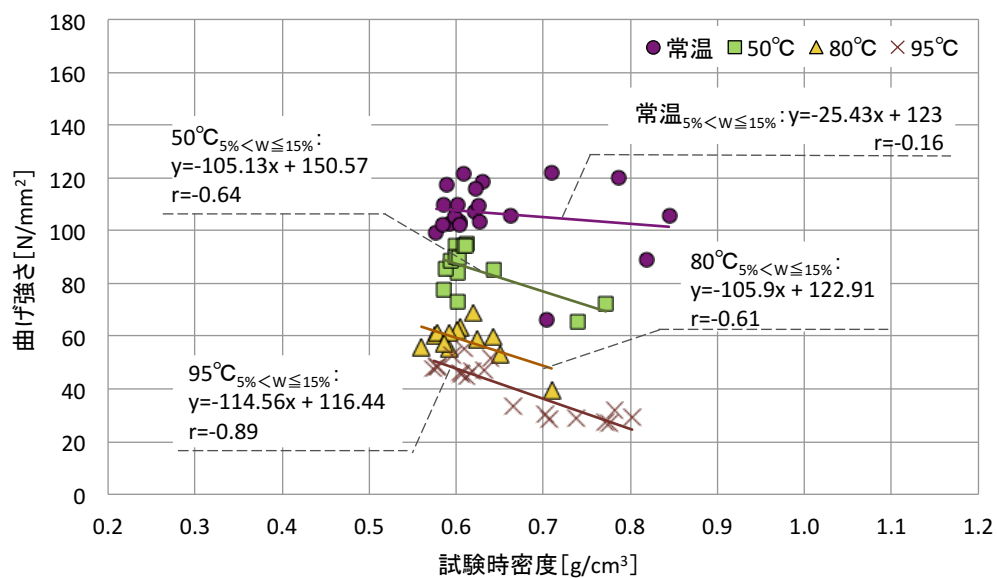


図6.2-18 密度と曲げ強さ  
(ケヤキ・試験体群 B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ ))

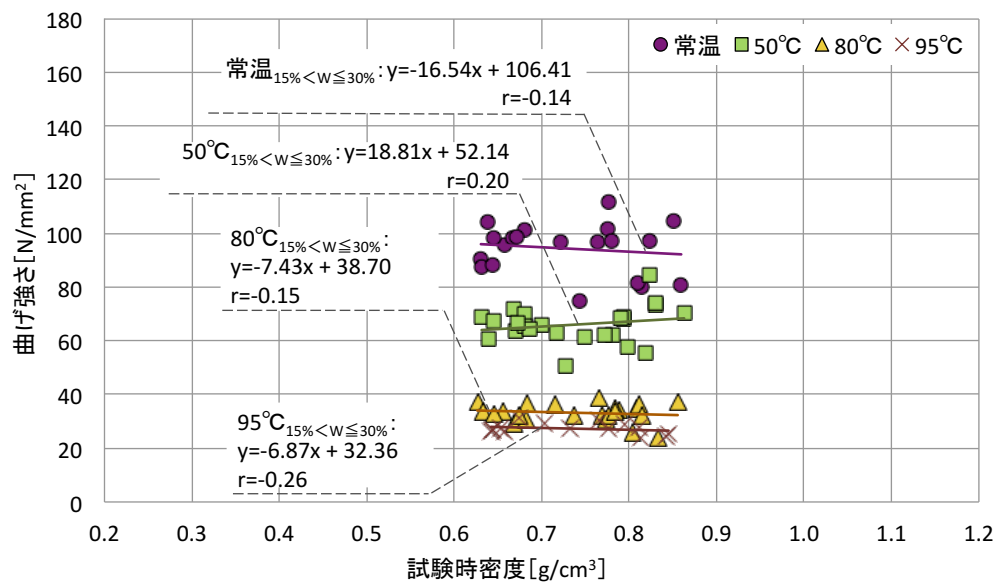


図6.2-19 密度と曲げ強さ  
(ケヤキ・試験体群C (15% < 含水率W ≤ 30%))

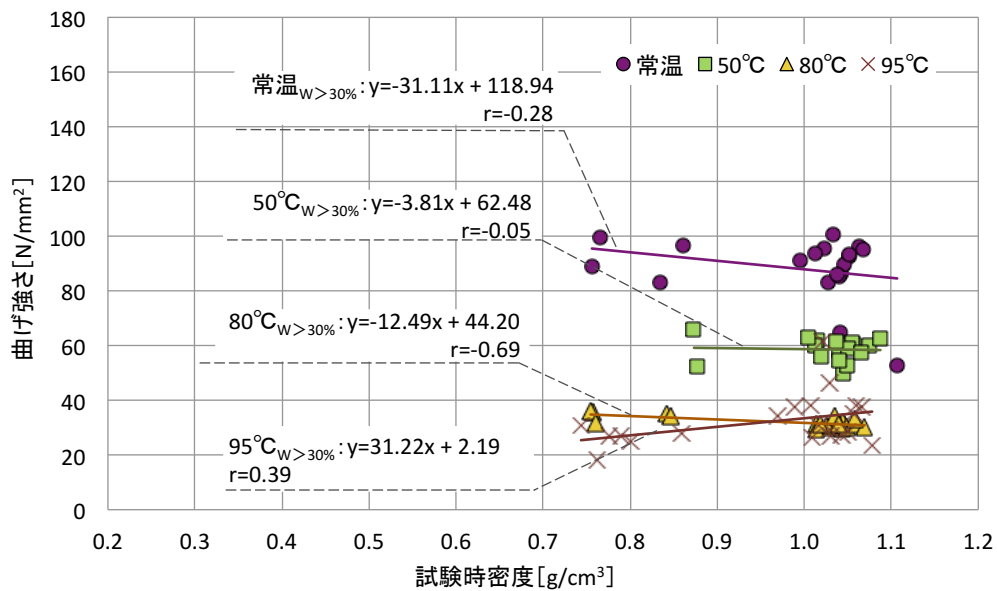


図6.2-20 密度と曲げ強さ  
(ケヤキ・試験体群D (含水率W > 30%))

### (3) 加熱冷却後における密度と曲げ強さ

試験体密度を表 6.2-5 に示す。また、曲げ強さと試験体密度との関係を図 6.2-21～24 に、実験条件ごとの回帰式と相関係数  $r$  の一覧を表 6.2-6 に示す。いずれの温度条件においても、曲げ強さと密度の間には、正の相関は認められるものの、強い相関は見られない。ただし、前述の (1) と同様に、加熱冷却後の本実験においても、木材の力学的特性と温度の直接的な関係を把握するために、試験体の含水率は 3% まで下げて行っており、また樹種ごとに同一の材より試験体を製作しているため、木材の産地や含水率の影響は生じ難い。

表6.2-5 加熱冷却後の試験体密度 [g/cm<sup>3</sup>] の一覧

樹種	スギ		カラマツ		ベイマツ		ケヤキ	
温度条件	平均値	最大値 最小値	平均値	最大値 最小値	平均値	最大値 最小値	平均値	最大値 最小値
常温	0.37	0.39 0.34	0.55	0.59 0.51	0.50	0.53 0.46	0.66	0.71 0.58
100℃	0.36	0.39 0.32	0.55	0.58 0.50	0.49	0.52 0.47	0.66	0.71 0.58
150℃	0.35	0.40 0.32	0.54	0.58 0.50	0.48	0.52 0.44	0.64	0.73 0.56
200℃	0.35	0.39 0.31	0.54	0.57 0.50	0.48	0.51 0.45	0.63	0.71 0.53
230℃／250℃*	0.34	0.39 0.31	0.46	0.51 0.41	0.45	0.47 0.43	0.57	0.68 0.47

\* スギは230℃、カラマツ・ベイマツ・ケヤキは250℃の値を記載する。

表6.2-6 加熱冷却後の密度の曲げ強さの回帰分析結果

樹種	温度	回帰式	相関係数	樹種	温度	回帰式	相関係数
スギ	常温	$y=310.84x-33.85$	0.57	カラマツ	常温	$y=532x-178.28$	0.40
	100℃	$y=363.54x-48.88$	0.67		100℃	$y=394.78x-97.48$	0.37
	150℃	$y=305.57x-24.95$	0.76		150℃	$y=144.1x+41.75$	0.18
	200℃	$y=106.79x+40.65$	0.35		200℃	$y=631.55x-240.12$	0.60
	230℃	$y=167.14x+13.79$	0.42		250℃	$y=408.54x-141.65$	0.60
ベイマツ	常温	$y=186.28x+28.25$	0.35	ケヤキ	常温	$y=186.28x+4.42$	0.63
	100℃	$y=281.62x-15.55$	0.65		100℃	$y=158.68x+15.6$	0.32
	150℃	$y=187.09x+36.32$	0.64		150℃	$y=258.91x-52.5$	0.59
	200℃	$y=287.8x-18.52$	0.49		200℃	$y=190.73x-21.0$	0.59
	250℃	$y=291.38x-43.83$	0.43		250℃	$y=72.63x+13.9$	0.53

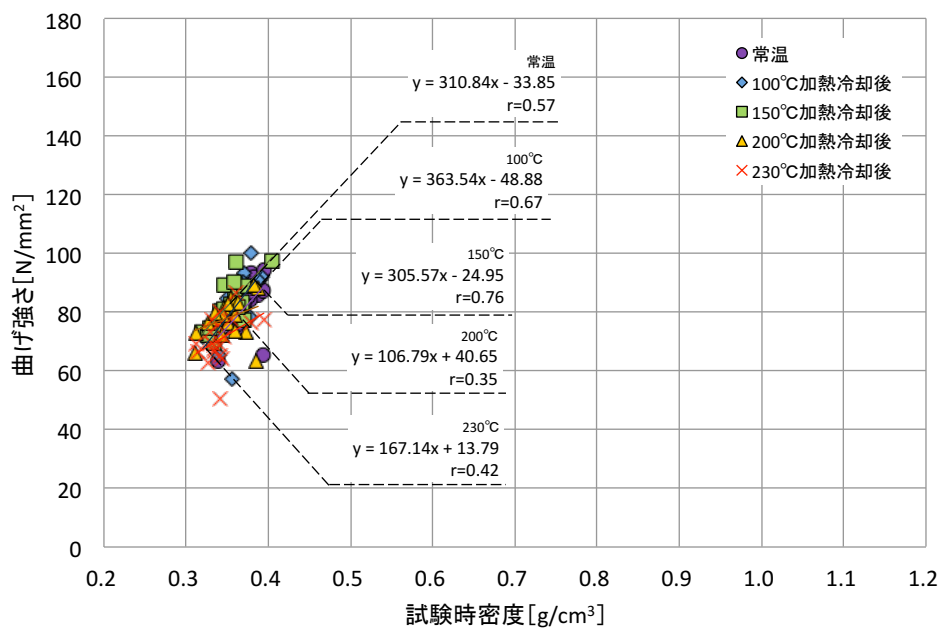


図6.2-21 密度と曲げ強さ（スギ）

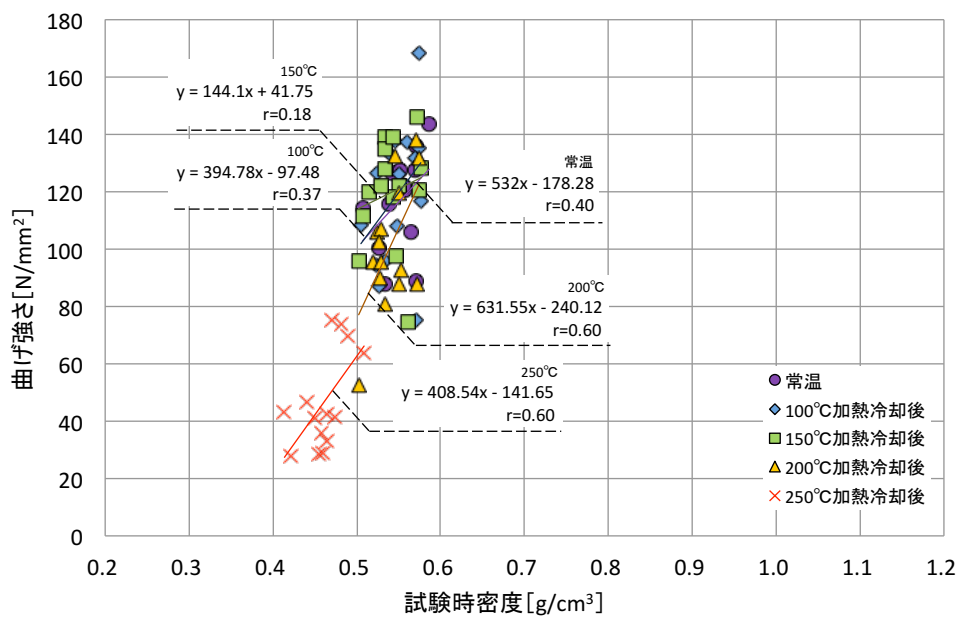


図6.2-22 密度と曲げ強さ（カラマツ）

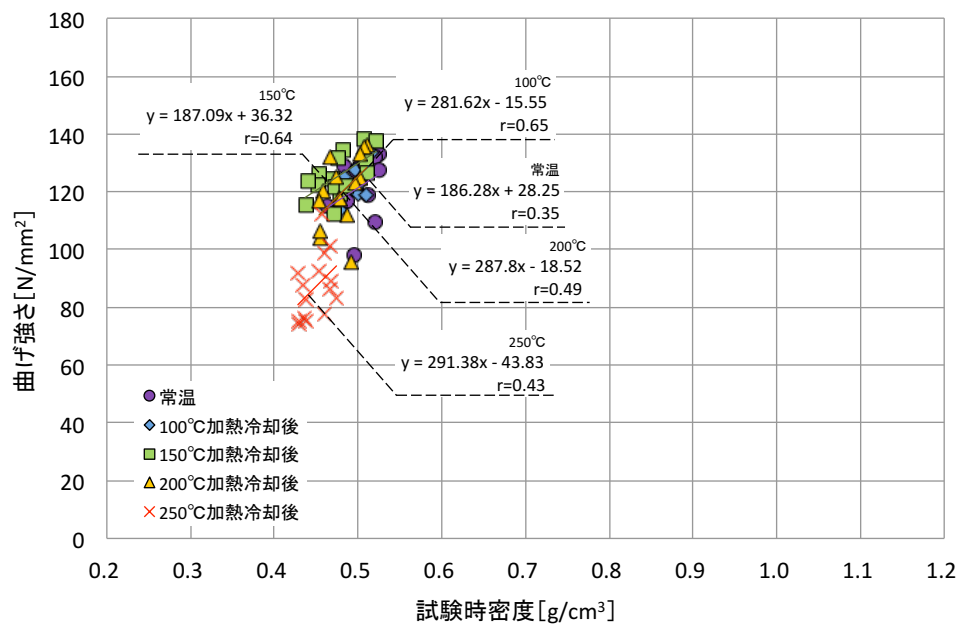


図6.2-23 密度と曲げ強さ（ベイマツ）

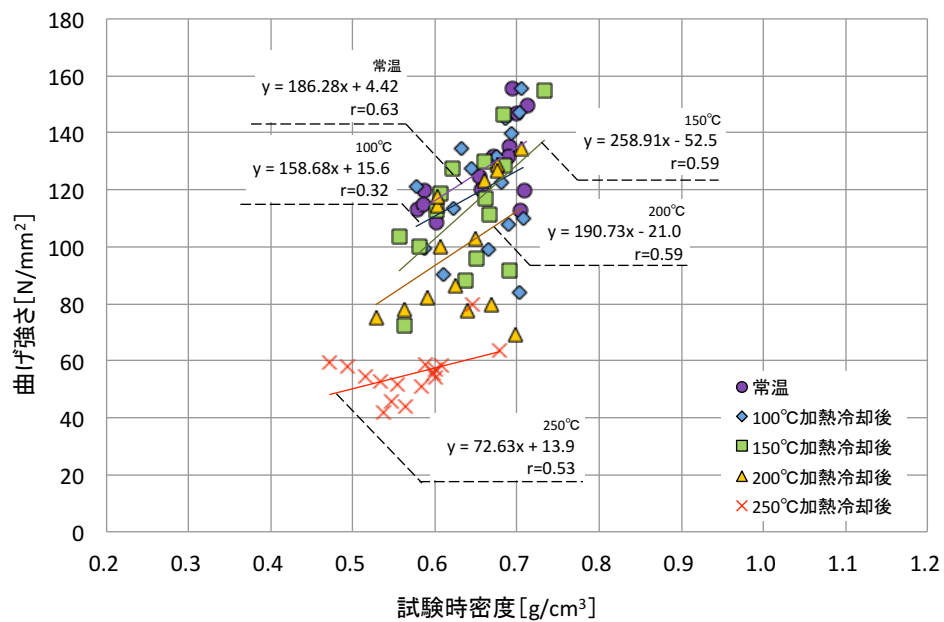


図6.2-24 密度と曲げ強さ（ケヤキ）

### 6.3 まとめ

第 3,4,5 章の実験結果より、破壊曲げ試験時のヤング係数及び試験体密度と曲げ強さの関係に関し、以下の知見を得た。

#### 100℃以上における曲げ強さ

- (1) カラマツ、ケヤキでは、200℃以下の範囲で、曲げ強さは同じ条件のヤング係数と 0.7 以上と強い相関を示し、ヤング係数による曲げ強さの予測に可能性があると考えられる。
- (2) スギおよびベイマツ 200℃以下の温度では、正の相関関係が認められる。
- (3) いずれの樹種も最高温度の 250℃（スギは 230℃）では、ヤング係数の値によらずほとんどの試験体の曲げ強さが $\pm 10$  [N/mm<sup>2</sup>] の範囲に分布し、曲げ強さの値が温度に応じて一定の値に低下することが明らかとなった。
- (4) 曲げ強さと密度には、正の相関関係が認められる。

#### 100℃未満における曲げ強さ

- (5) 本実験の曲げ強さと同実験条件下のヤング係数は、いずれの樹種においてもほぼ比例関係にあるものの、その程度は樹種や温度、含水率条件ごとに異なる結果となった。ただし、本実験は実験条件ごとに試験体を仕分ける際、試験体の含水率を指標としたため、含水率・温度条件ごとの試験体のヤング係数が比較的広い範囲に分布しており、試験体数を増やすまたは試験体の常温時ヤング係数を考慮した上で仕分けをすることにより、より正確な関係性を明らかにすることが可能であると考えられる。

#### 加熱冷却後における曲げ強さ

- (6) スギ、ベイマツでは 200℃以下、カラマツの 150℃以下の加熱冷却後曲げ強さは、常温時の値とほぼ同じ範囲に分布し、常温時のヤング係数および曲げ強さの関係が把握されていれば、改めて、予測法を検討する必要はないと考えられる。
- (7) カラマツの 200℃以上においては、同じ条件のヤング係数と 0.86 以上と強い相関関係が認められ、ヤング係数による曲げ強さの予測に可能性があると考えられる。
- (8) スギ、ベイマツの最高温度およびケヤキの加熱冷却後曲げ強さは、いずれの温度条件においても、同じ条件のヤング係数と正の相関関係が認められる。
- (9) 加熱冷却後曲げ強さと密度には、正の相関関係が認められる。



## 第 6 章の参考文献

- 1) 中井孝・山井良三郎：日本産主要 35 樹種の強度的性質，林業試験所研究報告第 319 号，pp.13-46, 1982.1
- 2) 農林水産省：製材の日本農林規格 2013.6, 集成材の日本農林規格 2017.10, 直交集成板の農林規格 2016.8, 単板積層材の日本農林規格 2017.10
- 3) 森林総合研究所監修：木材工業ハンドブック改訂 4 版，丸善，2004.3
- 4) 飯島泰男：木質構造の研究の現状と今後の課題 Part II, 日本木材学会強度・木質構造研究会編，日本木材学会，pp.7-8, 1994
- 5) 岡野健・祖父江信夫 他：木材科学ハンドブック，株式会社朝倉書店，2006.2



## 第 7 章 総括と今後の展望

### Chapter 7. Summary



## 第7章 総括と今後の展望

### 7.1 総括

本研究では、スギ、カラマツ、ベイマツ及びケヤキ製材の無欠点小試験体を用いた曲げ試験により、火災加熱を受ける中大断面木構造部材を想定とした 100℃以上、100℃未満および加熱冷却後における木材の力学的特性に関し下記の知見を得た。

#### 100℃以上における木材の力学的特性

- ・ 全ての樹種において、常温からの温度上昇に伴いヤング係数が低下する
- ・ 高温時ヤング係数は、200℃以上の温度条件において、ほぼ全ての試験体の残存率が 0.80 以下となり、特にケヤキは、全ての試験体が 0.62 以下と著しく低下する。
- ・ 全ての樹種において、常温からの温度上昇に伴い曲げ強さが低下する。
- ・ 高温時曲げ強さは、いずれの樹種も、残存率が 100℃で 0.60～0.75 とヤング係数に比べて低温で低下が始まる。また、いずれの樹種においても 200℃では残存率が 0.50 未満にまで低下するが、針葉樹材の 3 樹種に比べ、ケヤキは残存率の低下は 1～2 割程度大きい。
- ・ いずれの温度・樹種においても、破壊点に至るまでの荷重-たわみの関係は、常温時と同じ傾向を示し、また試験体の温度上昇に伴い破壊点は低下する。

#### 100℃未満における木材の力学的特性

- ・ 全ての樹種において、試験体群 A、B、C（含水率が 30%以下）では、100℃未満の温度下において温度が高くなるほど含水率に対するヤング係数の低下は大きくなる。一方、試験体群 D（含水率が 30%以上）では、いずれの温度においてもヤング係数の含水率依存性は小さい。
- ・ 試験体群 B、C、D（含水率 5%超）のヤング係数残存率は、50℃では、試験体群 A（含水率 5%以下）の値と同程度である。一方、80℃以上の温度では、試験体群の含水率が大きくなるに伴い、残存率の平均値が徐々に小さくなる。特にケヤキは、試験体群 C、D（含水率 15%超）の平均値が 0.51 以下と小さい。
- ・ 針葉樹材の 3 樹種（スギ、カラマツ、ベイマツ）は、試験体群 A、B、C（含水率 30%以下）では、含水率の増加に伴い曲げ強さが低下し、いずれの温度においてもほぼ同等の含水率依存性を有する。これに対しケヤキは、温度が高くなるほど含水率に対する曲げ強さの低下は大きくなる。一方、試験体群 D（含水率が 30%以上）では、いずれの樹種・温度においても曲げ強さの含水率依存性は小さい。
- ・ いずれの樹種においても、試験体群 B、C、D（含水率 5%超）の曲げ強さ残存率は、同じ温度条件における試験体群 A（含水率 5%以下）と比べ値が小さいが、針葉樹材（スギ、カラマツ、ベイマツ）は 80℃以上、ケヤキは 50℃以上の温度条件において低下が顕著となる。

- ・ 100℃未満においては、破壊点に至るまでの荷重-たわみの関係が、温度及び含水率の上昇に伴い、樹種ごとに異なる。

#### 加熱冷却後における木材の力学的特性

- ・ 全ての樹種において、加熱により到達する温度条件が 200℃以下の場合、加熱後に再び常温まで温度が低下すると、ヤング係数は、ほぼ常温時の値に回復する。
- ・ 加熱冷却後曲げ強さは、樹種により回復特性が異なる。針葉樹材の 3 樹種（スギ、カラマツ、ケヤキ）では 150℃以下、広葉樹材のケヤキでは 100℃未満の温度条件において、常温時と同程度に回復する。しかし、いずれの樹種においても 250℃（スギは 230℃）では、高温時の著しい低下から大きくは回復しない。
- ・ 加熱冷却後の荷重-たわみの関係は、いずれの樹種においても同一の傾向にあるが、スギ、カラマツ、ベイマツでは 200℃以上、ケヤキでは 150℃以上の温度上昇に伴い、破壊点が低下する。
- ・ 木材が火災加熱を受けても、100℃に達しなかった部分は、冷却後、ヤング係数・曲げ強さとも火災の影響をほとんど受けないと判断し得る。さらに、スギ、ベイマツでは 200℃以下、カラマツでは 150℃以下の部分は、冷却後の力学的特性の変化は 10%未満に留まる。

#### 非破壊測定可能な物性による曲げ強さの予測可能性

##### 100℃以上における曲げ強さ

- ・ カラマツ、ケヤキでは、200℃以下の範囲で、曲げ強さは同じ条件のヤング係数と 0.7 以上と強い相関を示し、ヤング係数による曲げ強さの予測に可能性があると考えられる。
- ・ スギおよびベイマツ 200℃以下の温度では、正の相関関係が認められる。
- ・ いずれの樹種も最高温度の 250℃（スギは 230℃）では、ヤング係数の値によらずほとんどの試験体の曲げ強さが $\pm 10$  [N/mm<sup>2</sup>] の範囲に分布し、曲げ強さの値が温度に応じて一定の値に低下することが明らかとなった。
- ・ 曲げ強さと密度には、正の相関関係が認められる。

##### 100℃未満における曲げ強さ

- ・ 本実験の曲げ強さと同実験条件下のヤング係数は、いずれの樹種においてもほぼ比例関係にあるものの、その程度は樹種や温度、含水率条件ごとに異なる結果となった。ただし、本実験は実験条件ごとに試験体を仕分ける際、試験体の含水率を指標としたため、含水率・温度条件ごとの試験体のヤング係数が比較的広い範囲に分布しており、試験体数を増やすまたは試験体の常温時ヤング係数を考慮した上で仕分けをすることにより、より正確な関係性を明らかにすることが可能であると考えられる。

### 加熱冷却後における曲げ強さ

- ・ スギ、ベイマツでは 200℃以下、カラマツの 150℃以下の加熱冷却後曲げ強さは、常温時の値とほぼ同じ範囲に分布し、常温時のヤング係数および曲げ強さの関係が把握されていれば、改めて、予測法を検討する必要はないと考えられる。
- ・ カラマツの 200℃以上においては、同じ条件のヤング係数と 0.86 以上と強い相関関係が認められ、ヤング係数による曲げ強さの予測に可能性があると考えられる。
- ・ スギ、ベイマツの最高温度およびケヤキの加熱冷却後曲げ強さは、いずれの温度条件においても、同じ条件のヤング係数と正の相関関係が認められる。
- ・ 加熱冷却後曲げ強さと密度には、正の相関関係が認められる。

以上の知見により、火災加熱による木部材断面の力学的性能の低下を予測・制御するためには、部材の含水率管理・把握が必要不可欠である。また、含水率変化を伴う木構造部材の高温時力学的性能の評価方法確立にあたっては、本報の実験結果に加え、火災加熱に伴う木構造部材内部の水分移動の実態把握、更には含水率が炭化速度へ及ぼす影響の把握が必要である。なお、本実験は無欠点小試験体を用いて曲げ試験を実施しており、通常流通する構造用の木材は、製材の場合、丸太の心材・辺材の別や節などの欠点の有無が考え得るため、これら諸条件による影響についても、今後の検討課題としたい。

## 7.2 今後の展望

### 7.2.1 火災加熱を受ける木構造部材の力学的性能の予測・評価手法における課題整理

本章では、第1章で述べた既往研究における非損傷性予測手法および第3章～5章の実験結果を踏まえ、火災時または火災後の木構造部材の非損傷性の予測・評価手法の確立に向け、今後さらなる検証が必要な事項を整理する。

#### (1) 炭化性状

2.1 に述べたように、主に中・大規模木造建築物を準耐火構造により設計する場合、主要構造部の木部に炭化・燃焼が生じることが考えられる。一般に木材の炭化速度は、 $0.6 \text{ [mm/分]} \sim 1.0 \text{ [mm/分]}$  であり、木構造部材の炭化性状は、これら炭化速度により炭化深さ・断面欠損を決定する。既往研究<sup>1)～16)</sup>にて報告されている含水率と炭化速度との関係を図7.2-1に示す。集成材、単板積層材 (LVL)、直交集成板 (CLT) 等の木質材料においては、製造過程における含水率の管理が用意であることから、既往研究においても含水率  $10 \sim 15\%$  の範囲に分布し、炭化速度も  $0.6 \text{ [mm/分]} \sim 1.0 \text{ [mm/分]}$  程度である (図7.2-1)。一方、構造用製材については、製造上、内部に含水率分布が存在するため、含水率の炭化速度への影響が集成材等より大きく、下図においても両者には負の相関関係 (相関係数-0.5) があることから、含水率の増加に伴い一般的な炭化速度  $0.6 \text{ [mm/分]}$  を下回ることが考えられる。

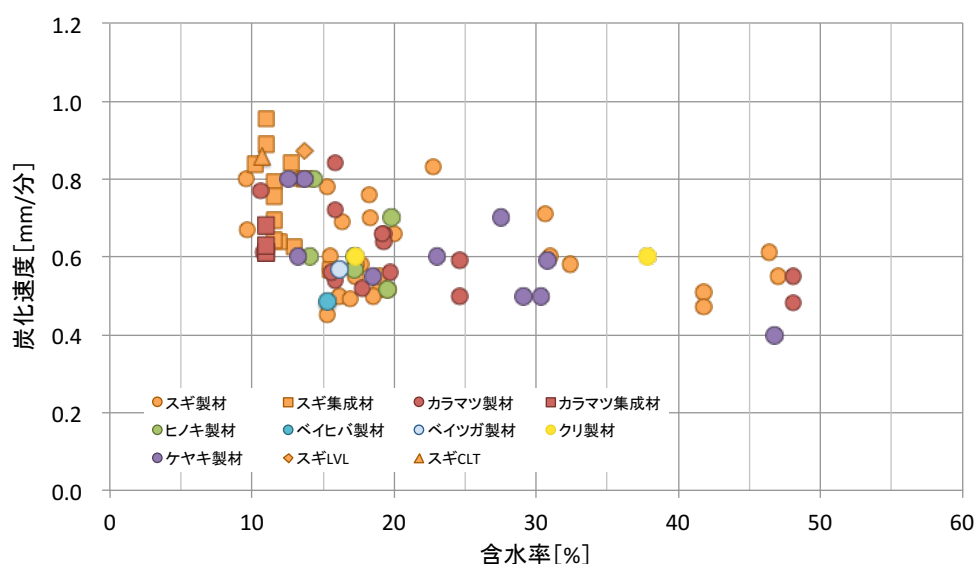


図7.2-1 木造の加熱実験における含水率と炭化速度※

※参考文献1)～16)で報告される加熱実験の試験体の含水率および炭化速度より作成

また、これらの炭化速度に対する影響要因として、火災による加熱時間も重要となる。火災時の非損傷性について予測・評価する場合には、加熱時間は、建築基準法において構造制限別に定められた火災時間 (収納可燃物の燃焼継続を想定する時間) として、部材の



炭化速度を検討すればよい。一方、火災後の部材の非損傷性を推定する場合には、火災発生から鎮火までの所要時間が重要となる。

今後は、含水率や加熱時間等をパラメータとして炭化速度を予測し、火災加熱に伴う炭化性状をよりの確に評価できるようにすることが望ましい。

## (2) 内部温度分布・履歴

火災加熱を受ける木構造部材は、内部温度が上昇し、熱劣化や強度低下が生じる<sup>17),18)</sup>等。第1章で述べた既往の非損傷性予測手法では、火災時の内部温度分布を炭化層から10mm間隔で近似し、[0～10mm : 300℃]、[10mm～20mm : 200℃]、[20mm～30mm : 80℃]、[30mm～ : 50℃以下]と設定され、実験により予測手法が有効である条件が報告されている<sup>6),19)</sup>等。しかし、内部温度分布・履歴において、製材や集成材等、木構造部材の材質の違いによる影響については、あまり検討されていない。

例えば、既報<sup>1)</sup>における集成材、単板積層材 (LVL)、直交集成板 (CLT) パネル 150mm 厚 (素地) の加熱実験の内部温度は図 7.2-2 に示す。260℃を木材の炭化温度とした場合、加熱開始後 30 分、45 分、60 分のいずれにおいても、260℃を超えている深さ (炭化端) から 30mm～40mm 内側まで 50℃以上の温度上昇がみられるが、集成材と直交集成板 (CLT) に対し、単板積層材 (LVL) は内部温度の上昇が比較的緩慢であることがわかる。このように、火災加熱を受ける木構造部材の力学的性能の予測・評価手法の確立にあたっては、木質材料の種別についても内部温度分布・履歴への影響を把握することが望ましいと考えられる。

時間	加熱開始30分後						加熱開始45分後						加熱開始60分後					
木質材料	集成材		LVL		CLT		集成材		LVL		CLT		集成材		LVL		CLT	
試験体表面からの距離 [mm]	計測値 [℃]		計測値 [℃]		計測値 [℃]		計測値 [℃]		計測値 [℃]		計測値 [℃]		計測値 [℃]		計測値 [℃]		計測値 [℃]	
	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2
0	750	520	790	790	700	650	810	810	825	850	750	700	860	750	900	900	925	950
10	500	375	350	440	325	350	625	675	570	620	500	625	740	810	790	750	925	930
20	220	220	175	175	220	175	525	660	350	350	400	300	680	780	600	600	925	825
30	150	150	100	100	110	110	275	345	200	200	280	290	425	450	300	750	820	675
40	100	100	50	50	75	70	160	240	100	100	110	100	275	400	250	400	470	375
50	50	50			50	30	100	100	50	50	75	75	150	240	100	100	225	150
60							50	50	30	30	50	50	100	100	75	75	100	75
70													50	50	30	30	50	50
80														50			30	30
90													30	30				
100																		
110	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
120																		
130																		
140																		
150																		

図7.2-2 木質材料ごとにおける加熱時間と内部温度分布※

※参考文献1)で報告される加熱実験の試験体内部温度の計測データより作成

### (3) 水分移動

従来の非損傷性予測手法では、火災加熱に伴う部材内部の温度上昇（80℃以上）に対するヤング係数の低下により曲げ強さ低下を推定しているが、第4章の無欠点小試験体を用いた実験により、曲げ強さは、含水率の程度や樹種によっては、より低温の50℃程度においても強度低下することが懸念される。今後、実大部材へ本論文を応用するためには、火災加熱に伴う部材内部の水分移動を木質材料別に明らかにし、定量的に評価できるようにする必要がある。

### 7.2.2 火災後における木構造部材の継続的利用の可能性

本項では、第5章の実験結果を踏まえ、はりの損傷よりも柱の損傷の方が建物崩壊への影響が大きいことを考慮し、加熱後冷却された柱（1時間準耐火構造）において、構造耐力及び防耐火性能を考慮した火害方法及び改修指針案を提案する。火害調査では、1.2 既往研究で述べた非損傷性予測手法を応用することで、木材の加熱冷却後の構造耐力を確認する。その後、火害調査により構造的に継続的使用が可能だと判断した柱に対し、燃えしろ設計や非損傷性予測手法に基づき、柱の防耐火性能の有無を検証し、改修レベルを判断する(図 7.2-3)。

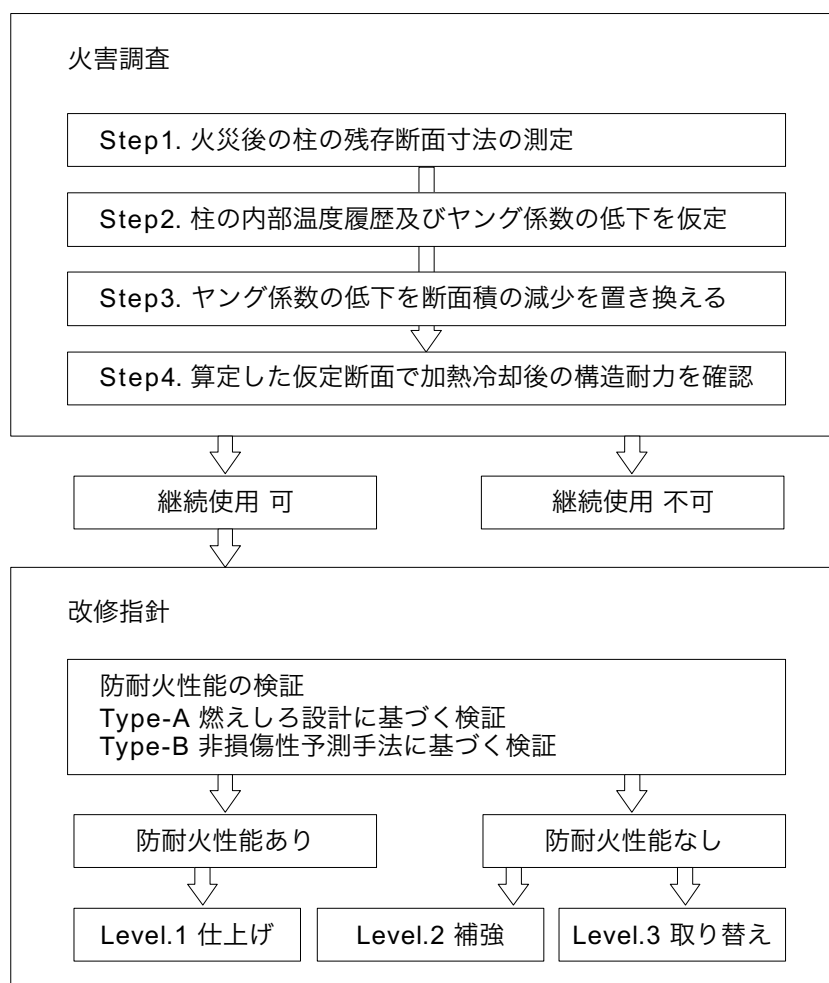


図7.2-3 中・大規模木造建築物における火害診断および改修フロー

#### (1) 火害調査

火災被害を受けた柱をその後も継続的に使用するためには、火災後の柱に構造耐力が確保されているのかを把握する必要がある。そのため火害調査では、1.2 既往研究で述べた非損傷性予測手法に第5章の実験結果を用いることで、柱の加熱冷却後の構造耐力を確認し、その結果を基に柱の継続的使用の可能性を検証する。火害調査の手順として、以下のStep1～4にて示す(図 7.2-3)。

### Step1 火災後の柱の残存断面寸法の測定

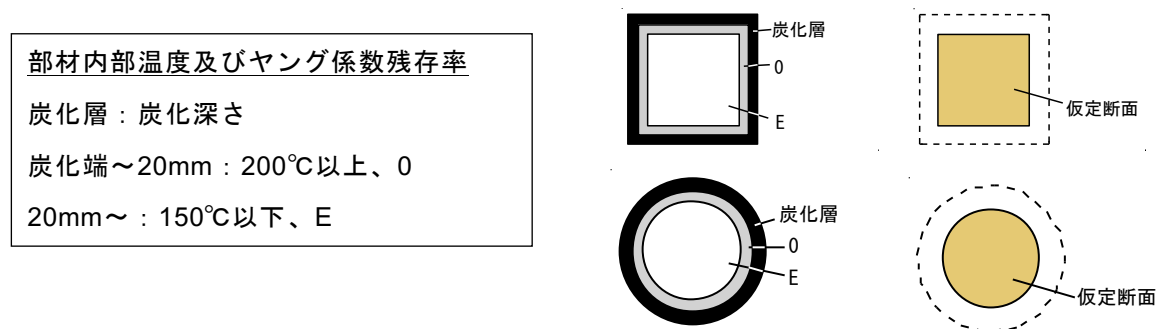
火災後の柱から炭化層を削り、柱の残存断面の寸法を測定ことで、炭化面積を算出する。

### Step2 柱の内部温度上昇及びヤング係数の低下を仮定

次に非損傷性予測手法の加熱時部材内温度分布を応用し、第5章の実験結果より火災後の柱の内部温度上昇及びヤング係数の低下を仮定する。非損傷性予測手法の加熱時部材内部温度分布の設定は、炭化端から10mmごとに300℃、200℃、80℃、50℃以下である。これにより加熱冷却後の柱のヤング係数の設定は、炭化端～20mmはヤング係数を0[N/mm<sup>2</sup>]、20mmより内部はヤング係数が低下しないものとする。

### Step3 ヤング係数の低下を断面積の減少に置き換える

Step2で仮定した柱の内部温度上昇及びヤング係数の低下を柱の断面積の減少に置き換え、仮定断面を算出する。



### Step4 算出した仮定断面で加熱冷却後の構造耐力を確認

Step3で算出した仮定断面を断面形状とし、許容応力度計算を行い、柱の加熱冷却後の構造耐力を確認する。下式(7.2-1)を満たす柱は継続的使用が可能であると考えられる。

$$\frac{\text{柱にかかる荷重 } P}{\text{仮定断面}} < \text{長期許容応力度} = \text{継続利用可} \quad (7.2-1)$$

## (2) 改修指針

### 1) 防耐火性能の検証

火害調査した柱を火災後も継続的に使用するためには、改修後にもう一度火災が発生する場合を想定する必要がある。そのため改修には、柱の防耐火性能を確保することが求められる。また現行の建築基準法においては、燃えしろ設計により木の躯体をあらわしとした中・大規模木造建築物における防耐火性能を確保する考え方がある。そこで本提案では、火災後の柱にどの程度の改修が必要なのかを明確にするため、建築基準法告示の燃えしろ設計に合致する樹種の場合には、燃えしろ寸法を目安に改修指針を検討する「Type-A 燃えしろ設計に基づく検証」とし、その他の場合は「Type-B 非損傷性予測手法に基づく検証」として、改修レベルの分類を行うため防耐火性能の有無を検証する。

#### Type-A 燃えしろ設計に基づく検証

柱の木材が燃えしろ設計に使用できる JAS 材の場合、火害調査の際に算出した仮定断面を断面形状とする柱で燃えしろ設計を行う。

$$\frac{\text{柱にかかる荷重 } P}{\text{仮定断面}-\text{燃えしろ寸法}} < \text{短期許容応力度} = \text{継続利用 可} \quad (7.2-2)$$

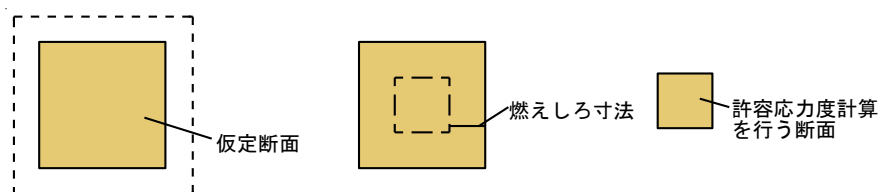


図 7.2-4 燃えしろ設計に基づく検討

#### Type-B 非損傷性予測手法に基づく検証

柱の木材が JAS の規格外である材の場合、燃えしろ設計を応用することが難しいと考えられる。そこで、非損傷性予測手法を用いて、柱の防耐火性能を検証する。

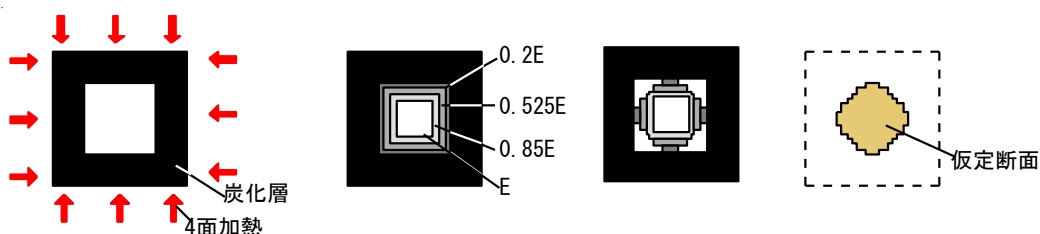


図 7.2-5 非損傷性予測手法に基づく検討

## 2) 改修レベルの検証

### 炭化層を削った後の柱表面の凹凸

各改修レベルでの施工方法の提案にあたっては、既往研究により報告されている小型試験体を用いた加熱実験及びケヤキの実大柱載荷加熱実験により得られた試験体の炭化図 7 から炭化層を削った後の柱表面の凹凸を求め、参考とした（表 7.2-1,2）。木構造部材を現しとした大断面の柱が加熱を受けた場合、炭化層を削った後の柱表面の凹凸には、針葉樹材の場合 4～15mm 程度、広葉樹材の場合 2～12mm 程度の高低差が生じると想定される。そこで本提案では、木構造部材をあらわしとした大断面の柱を想定とした改修レベルを「Level.1 仕上げ」、「Level.2 補強」、「Level.3 取り替え」の 3 段階に分類する。Level.1, 2 の改修方法では、これらの高低差を考慮し、炭化層を取り除いた柱表面をパテにより均一化することが考えられる。

表 7.2-1 小型試験体を用いた加熱実験における炭化端表面の高低差

試験体No.	樹種	断面寸法 (mm)	含水率 (%)	疑似割れ の有無	炭化端表面の高低差 (mm)			
1	ケヤキ	φ354	13.8		5.7			
2	ヒノキ	φ360	14.4		14.9			
3	スギ	φ360	18.2		15.4			
4	ケヤキ	φ356	29.8		5.9			
5	ヒノキ	φ357	19.9		10.6			
6	ケヤキ	φ358	13.2	あり	<div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>			
7	ヒノキ	φ360	15.1	あり				
8	ケヤキ	245角	12.6		角	1.7	辺	10.8
9	ケヤキ	150角	13.3		角	4.1	辺	5.3
10	クリ	150角	37.9		角	4.1	辺	8.4
11	ヒノキ	150角	14.1		角	5.8	辺	2.5
12	スギ	150角	15.5		角	3.9	辺	5.0

表 7.2-2 実大試験体を用いた加熱実験における炭化端表面の高低差

試験体No.	樹種	断面寸法 (mm)	含水率 (%)	割れの 有無	炭化端表面の高低差(mm)		
					下から1050	下から1750	下から2450
ア	ケヤキ	φ343	30.4		10.1	6.4	10.5
イ	ケヤキ	φ344	29.1		4.2	4.2	12.4
ウ	ケヤキ	φ345	23.0	あり	8.3	5.8	12

#### Level.1 仕上げ

Type-A または B の手法により防耐火性能有りと判断した柱を対象とし、炭化層を削り、パテによる柱表面の均一化を行う。その後、目標とする柱の太さに合わせ、仕上げとなる木材を施工する。

#### Level.2 補強

Type-A または B の手法により防耐火性能なしと判断した柱を対象とし補強を行う。  
Level.1 と同様、まず炭化層を削り、パテによる柱表面の均一化を行う。その後、再度火

災が発生する場合を想定し、柱が 1 時間準耐火性能を確保するよう補強する。改修後の柱は木仕上げであることを前提とし、以下の補強方法を提案する。ただし、これらの補強方法については、性能の検証実験や施工性の検討等、今後、更なる検討を展開することが望まれる。

- ・補強方法①：下地材(木材)+補強材(木材)+ビス
- ・補強方法②：接着剤+補強材(木材)+ビス
- ・補強方法③：強化せっこうボード+仕上げ材(木材)+ビス

#### 補強方法①：下地材(木材)+補強材(木材)+ビス

補強方法①は木材のみによる復元方法であるため、告示で定められている 1 時間準耐火構造の燃えしろ寸法を満たす木材(構造用集成材 45mm、構造用製材 60mm)で補強を行う。木材の板を格子状にした栈を下地材に使用し、その上から補強材(木材)をビスで留める。この補強方法では、下地材の厚み分だけ改修後の柱は太くなることが想定される。

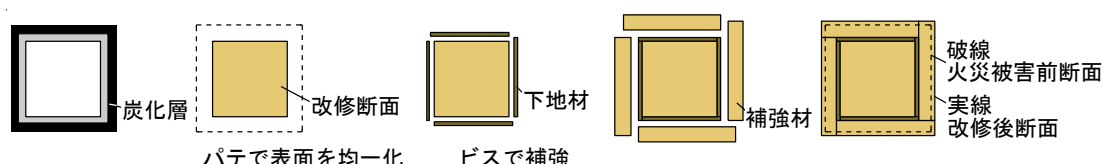


図 7.2-6 補修方法①：下地材+補強材（木材+ビス）

#### 補強方法②：接着剤+補強材(木材)+ビス

補強方法②は木材のみによる復元方法であるため、告示で定められている 1 時間準耐火構造の燃えしろ寸法を満たす木材(構造用集成材 45mm、構造用製材 60mm)で補強を行う。補強剤の留め付けには、耐熱性能があり現場施工が可能な水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤とビスを用いる。

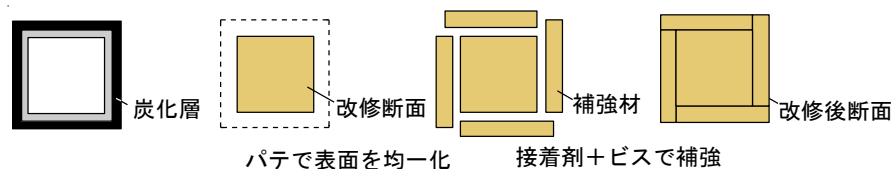


図 7.2-7 補修方法②：接着材+補強材（木材+ビス）

#### 強化せっこうボード+仕上げ材(木材)+ビス

補強方法③は、強化せっこうボードと木材により補強する。この仕様は、不燃材料である強化せっこうボードと木材（仕上げ）を重ね張りすることで 1 時間準耐火の性能を確保するため、木材のみで補強する場合よりも薄い材での改修が可能である。



図 7.2-8 補修方法③：強化せっこうボード＋補強材（木材＋ビス）

### Level.3 取り替え

Level.2 と同様、Type-A または B の手法により防耐火性能無しと判断した場合において、施工条件やコスト等により補強が困難である柱を対象とする。この場合、補強ではなく、根継ぎ等の施工方法により不要な部分を取り除き、新たに材を継ぎ足す。

以上より、本論文の知見および既往研究を踏まえ、火災加熱を受ける木構造部材の力学的性能の予測・評価手法における課題を整理し、災後の木構造部材の継続的利用における火害調査および改修指針案を提案した。前者 7.2.1 においては、今後、従来の実験的研究の蓄積を丹念に分析するとともに、実験的検証を積み重ねていく必要がある。また後者 7.2.2 においては、集成材等木質材料の加熱冷却後の接着性能や部材の接合部への影響や、現場での診断方法を踏まえた研究開発を展開していくことが望ましい。

最後に、本研究の知見が、今後の中・大規模木造建築物の普及および研究開発のより一層の発展への一助となれば幸いです。



## 第7章の参考文献

- 1) 国土交通省事業基準整備促進事業 F5 報告書
- 2) 成瀬友宏・中村賢一・遊佐秀逸・増田秀昭・原田寿郎・山田誠・佐藤章：構造用製材の耐火性能その1 スギとカラマツの炭化速度，日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），pp.11～12, 2004.7
- 3) 斉藤春重・増田秀昭・中村賢一・成瀬友宏・遊佐秀逸・山田誠：構造用製材の耐火性能その2 製材柱の荷重加熱試験，日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），pp.13～14, 2004.7
- 4) 山田誠・中村賢一・遊佐秀逸・成瀬友宏・増田秀昭・宮林正幸・佐藤章：構造用製材の耐火性能その3 柱、はりの荷重加熱試験，日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），pp.15～16, 2004.7
- 5) 保川みずほ・安井昇・鈴木あさ美・長谷見雄二・亀山直央・豊田康二・門岡直也・上川大輔・腰原幹雄・小野徹郎：大断面広葉樹（ケヤキ）製材による軸組柱の防耐火性能予測に関する研究，日本建築学会環境系論文集 第685号, pp.633-638, 2013.3
- 6) 安井昇・清水真理子・長谷見雄二・村上 雅英・上島 基英・木村 忠紀・北後 明彦・田村佳英・吉田 正友・山本 幸一：柱圧縮試験による木造土壁の火災加熱時の非損傷性予測と木造土壁外壁の防火設計，日本建築学会環境系論文集 第574号, pp.1-6, 2003.12
- 7) 保川みずほ・安井昇・鈴木あさ美・長谷見雄二・亀山直央・豊田康二・門岡直也・腰原幹雄・小野徹郎・遊佐秀逸：大断面広葉樹（ケヤキ）製材による寺院建築仕様軸組の防耐火性能—はり及び柱-はり接合部の荷重加熱実験—，日本建築学会技術報告集第43号, pp.977-982, 2013.10
- 8) 小川敦史・安井昇・長谷見雄二・木村忠紀・山本幸一・坂田高洋・橋本信・稲葉さとみ・平井 宏幸：軸組木造土壁構法による準耐火構造の開発（その7）実態に即した荷重を受ける木造土壁の荷重加熱実験，日本建築学会大会学術講演集（防火），pp.37～38, 2006.7
- 9) 高橋蓮・安井昇・関口佳織・高田峰幸・長谷見雄二・加來千紘・神戸麻千子・木村忠紀：水平加力後の木造土壁の防耐火性能に関する研究，日本建築学会大会学術講演集（防火），pp.147～150, 2015.9
- 10) 安井昇・上島基英・長谷見雄二・田村佳英・秋月通孝・馬屋原敦・畑俊充・大西卓・木村忠紀・酒井憲吾・村上博：木造土壁の防火性能に関する実験的研究（その1）実験計画と試験体仕様について，日本建築学会大会学術講演梗概集（構造），pp.233～234, 2002.8
- 11) 上島基英・安井昇・長谷見雄二・秋月通孝・畑俊充・馬屋原敦・木村忠紀・大西卓・村上博・酒井憲吾・田村佳英：木造土壁の防火性能に関する実験的研究（その2）実験結果と考察，日本建築学会大会学術講演梗概集（構造），pp.235～236, 2002.8
- 12) 上島基英・長谷見雄二・安井昇・木村忠紀・北後明彦・畑俊充・田村佳英・酒井憲吾・清水真理子・樋山恭助・尾野克典・吉田正友・山本幸一：木造土壁の防火性能に関する実験

- 的研究 (その 3) 実大木造土壁の載荷加熱実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (防火), pp.305~306, 2003.7
- 13) 澤野恵直・長谷見雄二・安井昇・小川敦史・平井宏幸・木村忠紀・山本幸一: 伝統土壁構法間仕切壁の両面加熱時の防耐火性能, 日本建築学会環境系論文集第 74 巻第 635 号, pp.1~7, 2009.1
- 14) 安井昇・長谷見雄二・平井宏幸・渡邊圭太・腰原幹雄・澤野恵直・小川敦史・木村忠紀・山本幸一: 横架材の加熱後曲げ応力度予測に基づく伝統木造床の防耐火設計と梁長さ・間隔の拡張可能性, 日本建築学会構造系論文集 第 642 号, pp.1523-1529, 2009.8
- 15) 金城仁・齋藤潔・松本匠・堀尾岳成・遊佐秀逸・平島岳夫: 構造用集成材梁部材の火災時耐力その 1 実験概要及び試験体, 日本建築学会大会講演梗概集 (防火), pp.257~258, 2014.9
- 16) 齋藤潔・松本匠・金城仁・堀尾岳成・遊佐秀逸・平島岳夫: 構造用集成材梁部材の火災時耐力その 2 炭化速度及び温度分布, 日本建築学会大会講演梗概集 (防火), pp.259~160, 2014.9
- 17) 岡野健・祖父江信夫 他: 木材化学ハンドブック, 株式会社朝倉書店, 2006.2
- 18) 高橋徹・中山義雄: 木材化学講座 3 物理 第 2 版, 海青社, 1992.3
- 19) 清水真理子・長谷見雄二・村上雅英・安井昇: 木造真壁の耐火性能予測, 日本建築学会構造系論文集, 第 611 号, pp.165-170, 2007.1

謝辭

---

Acknowledgement



## 謝辞

本論文は、著者が早稲田大学大学院 創造理工学研究科 建築学専攻 博士後期課程において、同大学創造理工学部 長谷見雄二教授の指導のもとにまとめたものである。

長谷見雄二教授には、本論文をはじめとする、研究生生活全般において、最良の環境を提供して頂くと共に、的確なご指導・ご鞭撻頂き、心から感謝申し上げます。また、本論文の審査にあたり、同大学の田辺新一教授、高口洋人教授、興石直幸教授には、約3ヶ月間に渡りご指導・ご鞭撻頂き、厚くお礼申し上げます。

本論文の主要な業績である日本建築学会構造系論文二編をまとめるにあたっては、上川大輔氏（国立研究開発法人 森林総合研究所）ならびに安井昇氏（桜設計集団一級建築士事務所）のお二方に、多大なるご指導・ご協力を頂きました。心から感謝申し上げます。加えて、本論文の実験計画の検討、試験体製作、実験実施および日本建築学会構造系論文の執筆においては、下記の方々に、多岐に渡り大変なご尽力を賜りました。甚大なる感謝の意をこの謝辞に代えさせていただきます。

鈴木 達朗 氏（当時、早稲田大学大学院 長谷見研究室）

渡辺 秀太 氏（早稲田大学大学院 長谷見研究室）

遠藤 智紀 氏（早稲田大学大学院 長谷見研究室）

亀山 直央 氏（亀山建設株式会社・代表取締役）

長尾 大貴 氏（亀山建設株式会社）

長尾 博文 氏（国立研究開発法人 森林総合研究所）

腰原 幹雄 氏（東京大学 生産技術研究所・教授）

小野 徹郎 氏（当時、椙山女学園大学・教授）

保川 みずほ 氏（当時、早稲田大学大学院 長谷見研究室）

宮本 康太 氏（国立研究開発法人 森林総合研究所）（以上、順序不同）

以上に名前を挙げた方々だけでなく、中村正寿氏、大浦千春氏を始めとする長谷見研究室の関係者のみなさま、桜設計集団一級建築士事務所のみなさまには、本論文の執筆にあたり、色々なご支援を頂きました。厚くお礼申し上げます。

最後に、本研究活動をはじめ、日常生活を全面的に支えてくれた、家族に多大なる感謝の意を表します。家族に日々励まされ、支えられたことで本論文を執筆することができました。これからも日々笑顔で過ごせるよう、精進したいと思います。本当にありがとうございます。



卷末資料

---

Appendix





## 実験結果 詳細一覧表

第3章～第5章における木材の力学的特性（ヤング係数、曲げ強さ、密度等）に関する実験結果（詳細値および荷重-たわみ図）を示す。実験結果は下記条件ごとに一覧表にて記載する。

### 第3章：100℃以上における木材の力学的特性

スギ：常温、100℃、150℃、200℃、230℃  
カラマツ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃  
ベイマツ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃  
ケヤキ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃

### 第4章：100℃未満における木材の力学的特性

スギ：試験体群 A（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 B（常温、50℃、80℃、95℃）  
試験体群 C（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 D（常温、50℃、80℃、95℃）  
カラマツ：試験体群 A（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 B（常温、50℃、80℃、95℃）  
試験体群 C（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 D（常温、50℃、80℃、95℃）  
ベイマツ：試験体群 A（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 B（常温、50℃、80℃、95℃）  
試験体群 C（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 D（常温、50℃、80℃、95℃）  
ケヤキ：試験体群 A（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 B（常温、50℃、80℃、95℃）  
試験体群 C（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 D（常温、50℃、80℃、95℃）

試験体群 A：含水率  $W \leq 5\%$ 、試験体群 B： $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$

試験体群 C： $15\% < \text{含水率 } W \leq 30\%$ 、試験体群 D：含水率  $W > 30\%$

### 第5章：加熱冷却後における木材の力学的特性

スギ：常温、100℃、150℃、200℃、230℃  
カラマツ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃  
ベイマツ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃  
ケヤキ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃

なお、第3章及び第4章の荷重-たわみ図では、下記の試験体番号は、計測データの不具合により掲載なしとし、第5章については、自然冷却した試験体のデータを示す。

第3章：スギ C3-5（常温）／G1-1（100℃）、ベイマツ 5-A1（250℃）

第4章：ケヤキ①-4 A15（試験体群 B・常温）／②-6 D12（試験体群 D・95℃）

### 第3章 100℃以上における木材の力学的特性

スギ：常温、100℃、150℃、200℃、230℃

表 3-1 実験結果詳細一覧（スギ・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量 [g]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ			非破壊	破壊				
1	B12	32.8	20	20	320	45.46	0.36	7,525	7,588	1.0	1,460	76.65
1	B19	32.8	20	20	320	49.51	0.39	8,360	7,408	0.89	1,636	85.89
1	C2	32.8	20	20	320	48.41	0.38	7,734	8,945	1.2	1,780	93.45
1	D7	32.8	20	20	320	46.94	0.37	7,513	8,405	1.1	1,557	81.74
1	E1	32.8	20	20	320	47.25	0.37	6,589	8,042	1.2	1,686	88.52
2	A11	32.8	20	20	320	48.24	0.38	8,414	8,484	1.0	1,602	84.11
2	A12	32.8	20	20	320	48.83	0.38	8,531	8,750	1.0	1,752	91.98
2	C6	32.8	20	20	320	46.61	0.36	7,745	7,795	1.0	1,417	74.39
2	C8	32.8	20	20	320	44.82	0.35	7,678	7,728	1.0	1,458	76.55
3	A16	32.8	20	20	320	46.49	0.36	7,908	8,136	1.0	1,453	76.28
3	A18	32.8	20	20	320	43.38	0.34	6,231	6,483	1.0	1,207	63.37
3	G1	32.8	20	20	320	45.82	0.36	6,919	7,159	1.0	1,492	78.33
4	A7	32.8	20	20	320	50.31	0.39	8,649	9,085	1.1	1,667	87.52
4	C6	32.8	20	20	320	44.95	0.35	7,800	8,071	1.0	1,432	75.18
4	D6	32.8	20	20	320	48.04	0.38	7,770	7,982	1.0	1,622	85.16
4	F1	32.8	20	20	320	48.32	0.38	8,472	8,521	1.0	1,656	86.94
5	A2	32.8	20	20	320	47.10	0.37	8,198	8,424	1.0	1,513	79.43
5	B10	32.8	20	20	320	47.55	0.37	8,150	8,130	1.0	1,573	82.58
5	C6	32.8	20	20	320	50.47	0.39	7,258	7,380	1.0	1,246	65.42
5	C3	32.8	20	20	320	50.53	0.39	8,853	8,818	1.0	1,796	94.29
平均値	-	-	-	-	47.45	0.37	7,815	8,067	1.0	1,550	81.39	-
最大値	-	-	-	-	50.53	0.39	8,853	9,085	1.2	1,796	94.29	-
最小値	-	-	-	-	43.38	0.34	6,231	6,483	0.89	1,207	63.37	-
標準偏差	-	-	-	-	1.97	0.02	687	654	0.07	160	8.40	-
変動係数[%]	-	-	-	-	4.16	4.16	8.79	8.11	6.50	10.32	10.3	-

表 3-2 実験結果詳細一覧（スギ・100℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
1	A15	100	20	20	320	47.57	46.92	0.37	0.37	7,655	6,360	0.83	1,157	60.74
1	A18	100	20	20	320	52.76	52.04	0.41	0.41	6,812	5,681	0.83	1,077	56.54
1	B3	100	20	20	320	46.11	45.44	0.36	0.36	7,525	7,183	0.95	1,087	57.07
1	G1	100	20	20	320	47.45	46.67	0.37	0.36	8,271	6,516	0.79	1,126	59.12
2	A18	100	20	20	320	44.50	43.61	0.35	0.34	6,371	5,962	0.94	1,003	52.66
2	B12	100	20	20	320	47.80	46.57	0.37	0.36	7,610	7,027	0.92	1,080	56.70
2	B19	100	20	20	320	50.23	49.35	0.39	0.39	7,647	6,986	0.91	1,115	58.54
2	D7	100	20	20	320	47.91	47.08	0.37	0.37	8,500	7,699	0.91	1,236	64.89
2	E1	100	20	20	320	47.55	46.73	0.37	0.37	8,306	7,513	0.90	1,177	61.79
3	D10	100	20	20	320	44.30	43.52	0.35	0.34	6,939	6,357	0.92	1,030	54.08
3	D11	100	20	20	320	46.34	45.36	0.36	0.35	7,843	7,449	0.95	1,137	59.69
3	H2	100	20	20	320	48.20	47.39	0.38	0.37	8,047	7,379	0.92	1,221	64.10
4	A19	100	20	20	320	41.78	40.75	0.33	0.32	6,510	5,952	0.91	962	50.51
4	C3	100	20	20	320	50.04	48.96	0.39	0.38	8,561	8,006	0.94	1,237	64.94
4	C8	100	20	20	320	47.86	46.95	0.37	0.37	8,267	7,620	0.92	1,231	64.63
4	C9	100	20	20	320	48.62	47.61	0.38	0.37	7,756	7,253	0.94	1,172	61.53
4	G11	100	20	20	320	47.69	46.40	0.37	0.36	7,777	7,096	0.91	1,243	65.26
5	A14	100	20	20	320	48.31	46.25	0.38	0.36	8,188	7,619	0.93	1,277	67.04
5	B13	100	20	20	320	48.10	46.20	0.38	0.36	8,124	7,380	0.91	1,177	61.79
5	B18	100	20	20	320	49.49	47.30	0.39	0.37	7,389	6,793	0.92	1,218	63.95
平均値	-	-	-	-	47.63	46.56	0.37	0.36	7,705	6,992	0.91	1,148	60.28	-
最大値	-	-	-	-	52.76	52.04	0.41	0.41	8,561	8,006	0.95	1,277	67.04	-
最小値	-	-	-	-	41.78	40.75	0.33	0.32	6,371	5,681	0.79	962	50.51	-
標準偏差	-	-	-	-	2.34	2.31	0.02	0.02	635	655	0.04	87	4.59	-
変動係数[%]	-	-	-	-	4.90	4.96	4.90	4.96	8.24	9.36	4.62	7.62	7.62	-

表 3-3 実験結果詳細一覧（スギ・150℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)					
1	A14	150	20	20	320	43.29	42.08	0.34	0.33	6,931	6,029	0.87	882	46.31	0.64
1	B8	150	20	20	320	44.61	42.76	0.35	0.33	7,410	6,241	0.84	828	43.47	
1	C11	150	20	20	320	46.34	44.82	0.36	0.35	8,088	6,251	0.77	902	47.36	
1	D12	150	20	20	320	51.87	50.32	0.41	0.39	7,817	6,756	0.86	892	46.83	
2	A17	150	20	20	320	42.49	40.80	0.33	0.32	6,696	5,741	0.86	853	44.78	
2	B2	150	20	20	320	42.60	41.16	0.33	0.32	7,373	6,544	0.89	921	48.35	
2	D12	150	20	20	320	51.22	49.86	0.40	0.39	7,702	6,899	0.90	1,011	53.08	
3	A6	150	20	20	320	50.19	48.43	0.39	0.38	8,209	7,120	0.87	1,090	57.23	
3	A14	150	20	20	320	43.52	41.67	0.34	0.33	7,157	7,556	1.1	1,000	52.50	
3	C2	150	20	20	320	46.50	44.75	0.36	0.35	8,070	7,339	0.91	1,033	54.23	
3	C6	150	20	20	320	47.11	45.14	0.37	0.35	7,756	5,687	0.73	942	49.46	
3	D5	150	20	20	320	48.20	46.61	0.38	0.36	8,463	6,582	0.78	1,077	56.54	
4	A9	150	20	20	320	43.53	41.75	0.34	0.33	7,391	7,232	0.98	897	47.09	
4	A14	150	20	20	320	52.09	50.29	0.41	0.39	7,822	6,873	0.88	1,171	61.48	
4	D2	150	20	20	320	46.98	45.13	0.37	0.35	8,094	7,028	0.87	1,108	58.17	
5	A11	150	20	20	320	47.08	45.21	0.37	0.35	8,623	6,462	0.75	1,093	57.38	
5	A15	150	20	20	320	49.58	47.49	0.39	0.37	8,234	7,121	0.86	1,061	55.70	
5	A19	150	20	20	320	43.99	42.15	0.34	0.33	6,573	6,694	1.0	928	48.72	
5	B20	150	20	20	320	44.40	42.63	0.35	0.33	7,456	7,527	1.0	972	51.03	
5	C9	150	20	20	320	51.68	49.68	0.40	0.39	8,098	6,576	0.81	1,222	64.16	
平均値	—	—	—	—	—	46.86	45.14	0.37	0.35	7,698	6,713	0.88	994	52.19	—
最大値	—	—	—	—	—	52.09	50.32	0.41	0.39	8,623	7,556	1.1	1,222	64.16	—
最小値	—	—	—	—	—	42.49	40.80	0.33	0.32	6,573	5,687	0.73	828	43.47	—
標準偏差	—	—	—	—	—	3.30	3.27	0.03	0.03	568	541	0.09	110	5.77	—
変動係数[%]	—	—	—	—	—	7.04	7.25	7.04	7.25	7.37	8.06	9.99	11.1	11.1	—

表 3-4 実験結果詳細一覧（スギ・200℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
1 A11	200	20	20	320	47.39	45.69	0.37	0.36	8,000	6,066	0.76	751	39.43	0.46
1 B20	200	20	20	320	55.82	53.06	0.44	0.41	8,712	5,672	0.65	787	41.32	
1 C10	200	20	20	320	50.92	48.20	0.40	0.38	7,388	5,307	0.72	708	37.17	
1 D11	200	20	20	320	46.26	44.77	0.36	0.35	7,829	5,831	0.74	700	36.75	
1 F2	200	20	20	320	41.74	39.82	0.33	0.31	7,139	4,870	0.68	592	31.08	
2 A16	200	20	20	320	46.72	44.28	0.37	0.35	8,112	5,775	0.71	688	36.12	
2 A20	200	20	20	320	48.72	45.76	0.38	0.36	7,742	5,622	0.73	652	34.23	
2 D11	200	20	20	320	45.69	42.95	0.36	0.34	7,427	5,530	0.74	697	36.59	
2 G1	200	20	20	320	49.70	46.47	0.39	0.36	6,863	4,741	0.69	655	34.39	
3 A17	200	20	20	320	43.83	40.47	0.34	0.32	7,204	5,487	0.76	747	39.22	
3 B12	200	20	20	320	48.34	45.65	0.38	0.36	8,147	6,026	0.74	657	34.49	
3 B13	200	20	20	320	49.08	46.33	0.38	0.36	7,683	5,806	0.76	732	38.43	
3 D3	200	20	20	320	47.61	44.67	0.37	0.35	8,305	6,009	0.72	721	37.85	
4 A20	200	20	20	320	50.96	47.68	0.40	0.37	6,979	5,368	0.77	752	39.48	
4 B11	200	20	20	320	44.21	41.45	0.35	0.32	7,242	5,433	0.75	660	34.65	
4 B17	200	20	20	320	46.62	43.67	0.36	0.34	7,863	5,913	0.75	722	37.91	
5 B12	200	20	20	320	44.79	41.70	0.35	0.33	7,499	5,534	0.74	732	38.43	
5 C11	200	20	20	320	50.62	47.22	0.40	0.37	7,873	5,815	0.74	813	42.68	
5 C8	200	20	20	320	49.38	46.35	0.39	0.36	8,233	6,276	0.76	727	38.17	
5 H1	200	20	20	320	48.36	45.46	0.38	0.36	8,528	6,359	0.75	812	42.63	
平均値	—	—	—	—	47.84	45.08	0.37	0.35	7,738	5,672	0.73	715	37.55	—
最大値	—	—	—	—	55.82	53.06	0.44	0.41	8,712	6,359	0.77	813	42.68	—
最小値	—	—	—	—	41.74	39.82	0.33	0.31	6,863	4,741	0.65	592	31.08	—
標準偏差	—	—	—	—	3.12	3.01	0.02	0.02	516	412	0.03	56	2.93	—
変動係数[%]	—	—	—	—	6.53	6.68	6.53	6.68	6.67	7.27	4.10	7.80	7.80	—

表 3-5 実験結果詳細一覧（スギ・230℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)					
1	A6	230	20	20	320	48.56	45.68	0.38	0.36	7,800	3,998	0.49	481	25.25	0.30
1	A8	230	20	20	320	45.16	42.73	0.35	0.33	8,101	4,194	0.54	437	22.94	
1	B6	230	20	20	320	45.53	43.02	0.36	0.34	7,236	3,952	0.55	428	22.47	
1	B13	230	20	20	320	47.45	44.93	0.37	0.35	7,117	2,800	0.39	366	19.22	
2	A8	230	20	20	320	45.68	43.00	0.36	0.34	7,895	4,622	0.59	483	25.36	
2	B20	230	20	20	320	53.26	51.10	0.42	0.40	7,121	4,224	0.59	492	25.83	
2	D10	230	20	20	320	47.02	42.79	0.37	0.33	7,233	3,600	0.50	426	22.37	
2	H2	230	20	20	320	50.33	45.47	0.39	0.36	7,889	4,459	0.57	512	26.88	
3	A7	230	20	20	320	46.94	42.64	0.37	0.33	8,204	4,978	0.61	522	27.41	
3	A20	230	20	20	320	46.77	42.13	0.37	0.33	7,524	4,181	0.56	471	24.73	
3	B15	230	20	20	320	43.26	39.38	0.34	0.31	7,612	4,210	0.55	421	22.10	
3	C7	230	20	20	320	47.77	43.40	0.37	0.34	8,269	4,884	0.59	517	27.14	
4	A18	230	20	20	320	43.13	39.41	0.34	0.31	7,207	4,321	0.60	431	22.63	
4	D5	230	20	20	320	47.06	42.70	0.37	0.33	7,063	4,882	0.61	562	29.51	
4	D10	230	20	20	320	42.49	38.27	0.33	0.30	8,016	4,122	0.58	441	23.15	
4	H2	230	20	20	320	45.60	41.61	0.36	0.33	7,949	4,840	0.61	458	24.05	
5	C12	230	20	20	320	48.05	43.38	0.38	0.34	8,264	4,440	0.54	471	24.73	
5	D1	230	20	20	320	47.05	42.74	0.37	0.33	7,775	4,441	0.57	446	23.42	
5	D5	230	20	20	320	49.17	44.73	0.38	0.35	8,367	4,667	0.56	491	25.78	
5	F2	230	20	20	320	45.27	41.10	0.35	0.32	7,625	4,435	0.58	448	23.52	
平均値	—	—	—	—	—	46.78	43.01	0.37	0.34	7,713	4,313	0.56	465	24.42	—
最大値	—	—	—	—	—	53.26	51.10	0.42	0.40	8,367	4,978	0.61	562	29.51	—
最小値	—	—	—	—	—	42.49	38.27	0.33	0.30	7,063	2,800	0.39	366	19.22	—
標準偏差	—	—	—	—	—	2.51	2.72	0.02	0.02	432	501	0.05	44	2.33	—
変動係数[%]	—	—	—	—	—	5.37	6.33	5.37	6.33	5.60	11.6	9.16	9.55	9.55	—

カラマツ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃

表 3-6 実験結果詳細一覧（カラマツ・常温）

試験体名		温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量 [g]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ			非破壊	破壊				
3	A7	24.6	20	20	320	72.93	0.57	11,030	11,170	1.0	2,426	127.4	1.0
4	A13	24.6	20	20	320	64.86	0.51	9,408	9,956	1.1	2,182	114.6	
7	A8	24.6	20	20	320	75.04	0.59	11,760	11,690	0.99	2,733	143.5	
8	A7	24.6	20	20	320	70.71	0.55	10,340	10,330	1.0	2,331	122.4	
10	A7	24.6	20	20	320	73.00	0.57	11,080	11,230	1.0	2,586	135.8	
10	A14	24.6	20	20	320	69.42	0.54	10,650	10,590	0.99	2,412	126.6	
12	A6	24.6	20	20	320	68.40	0.53	8,903	8,765	0.98	1,677	88.04	
13	A2	24.6	20	20	320	70.64	0.55	9,947	9,965	1.0	2,423	127.2	
16	A4	24.6	20	20	320	67.34	0.53	8,945	8,933	1.0	1,915	100.5	
16	A18	24.6	20	20	320	69.04	0.54	10,380	9,435	0.91	2,208	115.9	
17	A5	24.6	20	20	320	71.41	0.56	9,315	9,927	1.1	2,290	120.2	
17	A13	24.6	20	20	320	72.22	0.56	9,978	10,020	1.0	2,016	105.8	
19	A1	24.6	20	20	320	71.18	0.56	9,417	9,006	0.96	2,317	121.6	
19	A4	24.6	20	20	320	73.05	0.57	7,980	7,135	0.89	1,693	88.88	
平均値		—	—	—	—	70.66	0.55	9,938	9,868	0.99	2,229	117.0	—
最大値		—	—	—	—	75.04	0.59	11,760	11,690	1.1	2,733	143.5	—
最小値		—	—	—	—	64.86	0.51	7,980	7,135	0.89	1,677	88.04	—
標準偏差		—	—	—	—	2.67	0.02	1,020	1,181	0.05	310	16.3	—
変動係数[%]		—	—	—	—	3.78	3.78	10.3	12.0	4.75	13.9	13.9	—

表 3-7 実験結果詳細一覧（カラマツ・100℃）

試験体名		温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
1	A14	100	20	20	320	62.13	61.87	0.49	0.48	9,624	8,155	0.85	1,655	86.89	0.75
2	A9	100	20	20	320	66.09	65.81	0.52	0.51	8,017	7,435	0.93	971	50.98	
3	A5	100	20	20	320	68.65	68.38	0.54	0.53	9,457	8,839	0.93	1,588	83.37	
3	A11	100	20	20	320	67.71	67.46	0.53	0.53	9,986	9,584	0.96	1,837	96.44	
6	A10	100	20	20	320	74.13	73.82	0.58	0.58	11,710	11,530	0.98	2,122	111.4	
6	A15	100	20	20	320	70.97	70.68	0.55	0.55	10,640	9,262	0.87	1,735	91.09	
7	A4	100	20	20	320	66.68	66.36	0.52	0.52	7,916	7,299	0.92	1,407	73.87	
8	A8	100	20	20	320	70.18	69.85	0.55	0.55	11,030	10,310	0.93	1,974	103.6	
8	A13	100	20	20	320	71.67	71.30	0.56	0.56	9,939	9,230	0.93	1,867	98.02	
10	A3	100	20	20	320	70.66	70.28	0.55	0.55	10,310	9,579	0.93	1,947	102.2	
12	A9	100	20	20	320	68.86	68.43	0.54	0.53	9,317	7,599	0.82	1,527	80.17	
14	A13	100	20	20	320	70.56	70.12	0.55	0.55	8,843	8,161	0.92	1,412	74.13	
15	A7	100	20	20	320	73.41	72.97	0.57	0.57	11,190	10,390	0.93	1,825	95.81	
15	A9	100	20	20	320	72.76	72.32	0.57	0.57	10,400	10,400	1.0	1,907	100.1	
20	A8	100	20	20	320	68.03	67.45	0.53	0.53	8,949	8,253	0.92	1,432	75.18	
平均値		—	—	—	—	69.50	69.14	0.54	0.54	9,822	9,068	0.92	1,680	88.22	—
最大値		—	—	—	—	74.13	73.82	0.58	0.58	11,710	11,530	1.0	2,122	111.4	—
最小値		—	—	—	—	62.13	61.87	0.49	0.48	7,916	7,299	0.82	971	50.98	—
標準偏差		—	—	—	—	3.13	3.10	0.02	0.02	1,109	1,255	0.05	297	15.6	—
変動係数[%]		—	—	—	—	4.51	4.49	4.51	4.49	11.3	13.8	5.14	17.6	17.6	—

表 3-8 実験結果詳細一覧（カラマツ・150℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
1	A11	150	20	20	320	69.30	68.70	0.54	0.54	10,970	8,010	0.73	1,017	53.39	0.57
1	A13	150	20	20	320	64.91	64.41	0.51	0.50	9,305	7,558	0.81	1,143	60.01	
1	A16	150	20	20	320	66.70	66.00	0.52	0.52	9,484	7,563	0.80	1,205	63.26	
5	A4	150	20	20	320	65.20	64.44	0.51	0.50	8,334	6,916	0.83	897	47.09	
7	A3	150	20	20	320	72.45	71.67	0.57	0.56	11,590	9,244	0.80	1,425	74.81	
2	A16	150	20	20	320	68.86	67.41	0.54	0.53	10,000	8,261	0.83	1,327	69.67	
7	A9	150	20	20	320	70.37	69.71	0.55	0.54	10,230	8,681	0.85	1,372	72.03	
9	A8	150	20	20	320	69.61	68.48	0.54	0.54	10,570	8,635	0.82	1,315	69.04	
14	A5	150	20	20	320	71.48	70.18	0.56	0.55	8,746	7,021	0.80	1,347	70.72	
17	A10	150	20	20	320	69.20	67.88	0.54	0.53	8,989	7,513	0.84	1,250	65.63	
1	A1	150	20	20	320	70.15	69.25	0.55	0.54	10,400	9,189	0.88	1,410	74.03	
6	A6	150	20	20	320	71.06	69.99	0.56	0.55	11,230	9,523	0.85	1,420	74.55	
14	A12	150	20	20	320	71.29	69.80	0.56	0.55	9,909	8,099	0.82	1,463	76.81	
16	A17	150	20	20	320	71.06	69.55	0.56	0.54	9,806	7,993	0.82	1,377	72.29	
19	A9	150	20	20	320	66.57	65.88	0.52	0.51	7,716	5,962	0.77	1,103	57.91	
平均値		—	—	—	—	69.21	68.22	0.54	0.53	9,819	8,011	0.82	1,271	66.75	—
最大値		—	—	—	—	72.45	71.67	0.57	0.56	11,590	9,523	0.88	1,463	76.81	—
最小値		—	—	—	—	64.91	64.41	0.51	0.50	7,716	5,962	0.73	897	47.09	—
標準偏差		—	—	—	—	2.35	2.18	0.02	0.02	1,083	969	0.04	167	8.74	—
変動係数[%]		—	—	—	—	3.39	3.20	3.39	3.20	11.0	12.1	4.33	13.1	13.1	—

表 3-9 実験結果詳細一覧（カラマツ・200℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
3	A13	200	20	20	320	67.16	65.79	0.52	0.51	7,672	5,514	0.72	576	30.24	0.41
7	A7	200	20	20	320	68.94	67.19	0.54	0.52	10,200	7,591	0.74	1,001	52.55	
7	A2	200	20	20	320	72.21	71.59	0.56	0.56	10,520	6,485	0.62	785	41.21	
8	A16	200	20	20	320	73.14	72.49	0.57	0.57	10,800	6,516	0.60	765	40.16	
12	A11	200	20	20	320	69.74	69.11	0.54	0.54	9,547	6,483	0.68	762	40.01	
10	A5	200	20	20	320	68.87	66.90	0.54	0.52	10,050	6,937	0.69	1,050	55.13	
10	A17	200	20	20	320	65.55	63.47	0.51	0.50	8,374	6,172	0.74	757	39.74	
10	A10	200	20	20	320	70.36	67.92	0.55	0.53	11,300	9,126	0.81	1,135	59.59	
11	A1	200	20	20	320	71.71	69.18	0.56	0.54	9,068	5,916	0.65	872	45.78	
12	A18	200	20	20	320	72.61	69.84	0.57	0.55	10,430	7,461	0.72	947	49.72	
9	A6	200	20	20	320	72.72	70.06	0.57	0.55	11,540	8,169	0.71	1,212	63.63	
13	A13	200	20	20	320	71.36	68.94	0.56	0.54	10,230	6,598	0.64	1,036	54.39	
16	A11	200	20	20	320	69.85	67.05	0.55	0.52	9,801	7,149	0.73	857	44.99	
18	A17	200	20	20	320	71.30	68.38	0.56	0.53	8,725	6,367	0.73	1,018	53.45	
19	A8	200	20	20	320	71.17	68.24	0.56	0.53	9,175	6,656	0.73	936	49.14	
平均値		—	—	—	—	70.45	68.41	0.55	0.53	9,829	6,876	0.70	914	47.98	—
最大値		—	—	—	—	73.14	72.49	0.57	0.57	11,540	9,126	0.81	1,212	63.63	—
最小値		—	—	—	—	65.55	63.47	0.51	0.50	7,672	5,514	0.60	576	30.24	—
標準偏差		—	—	—	—	2.14	2.24	0.02	0.02	1,079	917	0.05	168	8.84	—
変動係数[%]		—	—	—	—	3.04	3.27	3.04	3.27	11.0	13.3	7.64	18.4	18.4	—

表 3-10 実験結果詳細一覧（カラマツ・250℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
3	A4	250	20	20	320	63.28	56.60	0.49	0.44	7,136	3,314	0.46	250	13.13	0.19
6	A4	250	20	20	320	74.63	65.80	0.58	0.51	12,140	6,116	0.50	597	31.34	
6	A7	250	20	20	320	72.00	62.71	0.56	0.49	10,480	6,362	0.61	580	30.45	
7	A11	250	20	20	320	66.41	59.55	0.52	0.47	9,253	4,110	0.44	417	21.89	
9	A4	250	20	20	320	72.00	62.98	0.56	0.49	11,170	5,705	0.51	502	26.36	
11	A11	250	20	20	320	68.38	58.75	0.53	0.46	9,037	4,086	0.45	473	24.83	
17	A8	250	20	20	320	72.15	62.82	0.56	0.49	8,659	2,972	0.34	342	17.96	
1	A18	250	20	20	320	67.94	61.31	0.53	0.48	8,283	2,656	0.32	365	19.16	
9	A14	250	20	20	320	74.15	66.73	0.58	0.52	11,180	5,244	0.47	562	29.51	
13	A1	250	20	20	320	73.06	67.46	0.57	0.53	9,445	3,429	0.36	377	19.79	
13	A5	250	20	20	320	69.90	62.37	0.55	0.49	9,250	4,412	0.48	403	21.16	
18	A4	250	20	20	320	66.40	60.37	0.52	0.47	7,284	2,484	0.34	317	16.64	
20	A4	250	20	20	320	70.94	62.70	0.55	0.49	10,120	4,477	0.44	410	21.53	
11	A17	250	20	20	320	66.26	60.42	0.52	0.47	8,550	2,827	0.33	343	18.01	
平均値		—	—	—	—	69.82	62.18	0.55	0.49	9,428	4,157	0.43	424	22.27	—
最大値		—	—	—	—	74.63	67.46	0.58	0.53	12,140	6,362	0.61	597	31.34	—
最小値		—	—	—	—	63.28	56.60	0.49	0.44	7,136	2,484	0.32	250	13.13	—
標準偏差		—	—	—	—	3.43	3.04	0.03	0.02	1,462	1,298	0.08	105	5.51	—
変動係数[%]		—	—	—	—	4.91	4.89	4.91	4.89	15.5	31.2	19.3	24.7	24.7	—

ベイマツ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃

表 3-11 実験結果詳細一覧（ベイマツ・常温）

試験体名		温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量 [g]	密度 [g/cm³]	ヤング係数[N/mm²]		常温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm²]	常温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ			非破壊	破壊				
1	A11	15.4	20	20	320	67.26	0.53	11,150	11,290	1.0	2,532	132.9	1.0
2	A14	15.4	20	20	320	64.23	0.50	11,730	11,930	1.0	2,442	128.2	
2	A18	15.4	20	20	320	66.67	0.52	11,930	11,650	0.98	2,516	132.1	
3	A11	15.4	20	20	320	61.85	0.48	11,320	11,740	1.0	2,457	129.0	
3	A21	15.4	20	20	320	67.19	0.52	12,590	12,810	1.0	2,430	127.6	
4	A15	15.4	20	20	320	59.32	0.46	11,140	11,280	1.0	2,190	115.0	
5	A19	15.4	20	20	320	65.59	0.51	12,780	12,850	1.0	2,257	118.5	
6	A12	15.4	20	20	320	64.74	0.51	12,090	12,320	1.0	2,457	129.0	
7	A11	15.4	20	20	320	64.36	0.50	12,270	12,370	1.0	2,371	124.5	
8	A2	15.4	20	20	320	63.75	0.50	11,720	11,810	1.0	2,423	127.2	
8	A9	15.4	20	20	320	66.61	0.52	12,080	12,260	1.0	2,087	109.6	
8	A15	15.4	20	20	320	63.76	0.50	12,270	12,320	1.0	2,297	120.6	
10	A17	15.4	20	20	320	61.66	0.48	11,930	11,630	0.97	2,208	115.9	
11	A12	15.4	20	20	320	62.41	0.49	12,580	12,240	0.97	2,227	116.9	
11	A15	15.4	20	20	320	63.35	0.49	11,380	11,770	1.0	1,865	97.91	
平均値		-	-	-	-	64.18	0.50	11,931	12,018	1.0	2,317	121.7	-
最大値		-	-	-	-	67.26	0.53	12,780	12,850	1.0	2,532	132.9	-
最小値		-	-	-	-	59.32	0.46	11,140	11,280	0.97	1,865	97.91	-
標準偏差		-	-	-	-	2.28	0.02	524	484	0.02	182	9.57	-
変動係数[%]		-	-	-	-	3.55	3.55	4.40	4.03	1.92	7.86	7.86	-

表 3-12 実験結果詳細一覧（ベイマツ・100℃）

試験体名		温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm³]		ヤング係数[N/mm²]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm²]	高温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
1	A14	100	20	20	320	63.76	63.20	0.50	0.49	11,700	10,420	0.89	1,142	59.96	0.60
1	A17	100	20	20	320	64.58	64.08	0.50	0.50	12,770	11,440	0.90	1,461	76.70	
1	A27	100	20	20	320	67.80	67.30	0.53	0.53	11,730	10,670	0.91	1,492	78.33	
2	A6	100	20	20	320	66.60	65.04	0.52	0.51	11,490	9,819	0.85	1,376	72.24	
2	A27	100	20	20	320	64.67	64.34	0.51	0.50	12,050	10,590	0.88	1,333	69.98	
2	A30	100	20	20	320	70.42	69.88	0.55	0.55	12,550	10,920	0.87	1,417	74.39	
4	A16	100	20	20	320	68.19	67.53	0.53	0.53	12,300	10,550	0.86	1,538	80.75	
4	A17	100	20	20	320	68.31	67.50	0.53	0.53	11,910	10,280	0.86	1,476	77.49	
4	A24	100	20	20	320	65.04	64.07	0.51	0.50	12,090	10,520	0.87	1,437	75.44	
5	A3	100	20	20	320	60.65	59.71	0.47	0.47	11,170	9,989	0.89	1,316	69.09	
7	A21	100	20	20	320	60.44	59.28	0.47	0.46	11,320	10,040	0.89	1,377	72.29	
8	A25	100	20	20	320	65.13	63.89	0.51	0.50	12,610	11,130	0.88	1,356	71.19	
10	A2	100	20	20	320	62.80	61.48	0.49	0.48	12,270	11,030	0.90	1,402	73.61	
13	A24	100	20	20	320	65.01	63.59	0.51	0.50	11,940	10,870	0.91	1,382	72.56	
13	A28	100	20	20	320	62.39	61.29	0.49	0.48	11,140	10,010	0.90	1,442	75.71	
平均値		-	-	-	-	65.05	64.15	0.51	0.50	11,936	10,552	0.88	1,396	73.31	-
最大値		-	-	-	-	70.42	69.88	0.55	0.55	12,770	11,440	0.91	1,538	80.75	-
最小値		-	-	-	-	60.44	59.28	0.47	0.46	11,140	9,819	0.85	1,142	59.96	-
標準偏差		-	-	-	-	2.85	3.00	0.02	0.02	514	471	0.02	93.2	4.90	-
変動係数[%]		-	-	-	-	4.39	4.68	4.39	4.68	4.31	4.46	2.03	6.68	6.68	-



表 3-13 実験結果詳細一覧（バイマツ・150℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
1	A22	150	20	20	320	62.11	60.13	0.49	0.47	11,750	9,764	0.83	1,416	74.34	0.58
3	A18	150	20	20	320	64.67	62.70	0.51	0.49	12,120	10,280	0.85	1,341	70.40	
4	A27	150	20	20	320	65.83	64.11	0.51	0.50	12,630	10,400	0.82	1,306	68.57	
10	A7	150	20	20	320	60.17	58.74	0.47	0.46	11,700	9,476	0.81	1,122	58.91	
11	A8	150	20	20	320	64.08	62.12	0.50	0.49	11,540	9,251	0.80	1,408	73.92	
6	A2	150	20	20	320	61.55	59.30	0.48	0.46	11,260	9,490	0.84	1,207	63.37	
7	A7	150	20	20	320	67.69	64.67	0.53	0.51	12,380	10,280	0.83	1,468	77.07	
7	A20	150	20	20	320	69.12	66.63	0.54	0.52	12,250	10,090	0.82	1,451	76.18	
8	A7	150	20	20	320	66.55	63.63	0.52	0.50	11,890	9,862	0.83	1,315	69.04	
8	A20	150	20	20	320	62.71	60.36	0.49	0.47	12,040	9,842	0.82	1,232	64.68	
3	A6	150	20	20	320	65.22	62.23	0.51	0.49	11,120	9,235	0.83	1,397	73.34	
4	A9	150	20	20	320	59.09	56.24	0.46	0.44	11,180	9,387	0.84	1,276	66.99	
9	A30	150	20	20	320	61.92	58.99	0.48	0.46	12,750	10,700	0.84	1,345	70.61	
10	A8	150	20	20	320	64.54	61.50	0.50	0.48	11,940	10,010	0.84	1,397	73.34	
12	A23	150	20	20	320	68.61	65.07	0.54	0.51	12,550	11,350	0.90	1,523	79.96	
平均値		-	-	-	-	64.26	61.76	0.50	0.48	11,940	9,961	0.83	1,347	70.71	-
最大値		-	-	-	-	69.12	66.63	0.54	0.52	12,750	11,350	0.90	1,523	79.96	-
最小値		-	-	-	-	59.09	56.24	0.46	0.44	11,120	9,235	0.80	1,122	58.91	-
標準偏差		-	-	-	-	3.01	2.82	0.02	0.02	521	584	0.02	107	5.63	-
変動係数[%]		-	-	-	-	4.68	4.57	4.68	4.57	4.37	5.86	2.77	7.97	7.97	-

表 3-14 実験結果詳細一覧（バイマツ・200℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
2	A12	200	20	20	320	65.45	61.96	0.51	0.48	12,510	9,759	0.78	1,252	65.73	0.49
3	A7	200	20	20	320	65.91	62.80	0.51	0.49	11,630	8,762	0.75	1,197	62.84	
6	A18	200	20	20	320	67.62	64.38	0.53	0.50	11,800	8,744	0.74	1,103	57.91	
7	A8	200	20	20	320	63.74	61.39	0.50	0.48	12,730	9,430	0.74	1,130	59.33	
8	A14	200	20	20	320	61.53	58.35	0.48	0.46	11,100	8,468	0.76	897	47.09	
7	A9	200	20	20	320	67.29	63.54	0.53	0.50	12,650	9,591	0.76	1,222	64.16	
8	A1	200	20	20	320	61.75	57.89	0.48	0.45	11,210	8,553	0.76	1,086	57.02	
9	A17	200	20	20	320	69.87	65.48	0.55	0.51	12,020	9,130	0.76	1,216	63.84	
10	A25	200	20	20	320	62.10	58.43	0.49	0.46	12,140	9,490	0.78	1,082	56.81	
13	A21	200	20	20	320	59.89	56.15	0.47	0.44	11,550	8,907	0.77	1,087	57.07	
10	A23	200	20	20	320	63.30	59.06	0.49	0.46	11,950	9,300	0.78	1,198	62.90	
11	A3	200	20	20	320	63.74	59.38	0.50	0.46	12,200	9,349	0.77	1,096	57.54	
11	A18	200	20	20	320	61.95	57.81	0.48	0.45	11,250	8,603	0.76	1,076	56.49	
11	A19	200	20	20	320	63.29	58.98	0.49	0.46	11,870	8,118	0.68	1,087	57.07	
12	A15	200	20	20	320	62.38	58.06	0.49	0.45	12,410	9,579	0.77	1,202	63.11	
平均値		-	-	-	-	63.99	60.24	0.50	0.47	11,935	9,052	0.76	1,129	59.26	-
最大値		-	-	-	-	69.87	65.48	0.55	0.51	12,730	9,759	0.78	1,252	65.73	-
最小値		-	-	-	-	59.89	56.15	0.47	0.44	11,100	8,118	0.68	897	47.09	-
標準偏差		-	-	-	-	2.72	2.80	0.02	0.02	519	494	0.02	89.5	4.70	-
変動係数[%]		-	-	-	-	4.25	4.65	4.25	4.65	4.35	5.46	3.17	7.93	7.93	-

表 3-15 実験結果詳細一覧（バイマツ・250℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
1	A9	250	20	20	320	69.24	61.78	0.54	0.48	11,620	5,190	0.45	528	27.72	0.25
1	A10	250	20	20	320	67.14	59.89	0.52	0.47	11,230	4,831	0.43	481	25.25	
1	A16	250	20	20	320	64.92	59.31	0.51	0.46	11,850	6,054	0.51	596	31.29	
2	A9	250	20	20	320	66.55	59.91	0.52	0.47	11,070	4,612	0.42	422	22.16	
3	A29	250	20	20	320	67.38	60.70	0.53	0.47	12,710	7,557	0.59	690	36.23	
5	A15	250	20	20	320	69.00	61.39	0.54	0.48	12,140	7,607	0.63	797	41.84	
5	A26	250	20	20	320	63.50	57.59	0.50	0.45	12,480	6,516	0.52	563	29.56	
6	A27	250	20	20	320	60.95	54.21	0.48	0.42	11,810	6,105	0.52	577	30.29	
7	A27	250	20	20	320	63.90	56.78	0.50	0.44	12,450	6,383	0.51	555	29.14	
9	A23	250	20	20	320	64.80	57.73	0.51	0.45	12,160	6,417	0.53	577	30.29	
10	A9	250	20	20	320	65.93	58.34	0.52	0.46	11,970	5,968	0.50	578	30.35	
5	A1	250	20	20	320	66.80	58.59	0.52	0.46	10,410	4,674	0.45	491	25.78	
11	A23	250	20	20	320	64.92	57.70	0.51	0.45	12,690	6,265	0.49	642	33.71	
12	A8	250	20	20	320	59.97	52.43	0.47	0.41	11,590	5,736	0.49	607	31.87	
13	A25	250	20	20	320	68.55	60.45	0.54	0.47	12010	5788	0.48	550	28.88	
平均値		—	—	—	—	65.57	58.45	0.51	0.46	11,879	5,980	0.50	577	30.29	—
最大値		—	—	—	—	69.24	61.78	0.54	0.48	12,710	7,607	0.63	797	41.84	—
最小値		—	—	—	—	59.97	52.43	0.47	0.41	10,410	4,612	0.42	422	22.16	—
標準偏差		—	—	—	—	2.72	2.57	0.02	0.02	632	906	0.06	89.1	4.68	—
変動係数[%]		—	—	—	—	4.15	4.40	4.15	4.40	5.32	15.2	11.2	15.4	15.4	—

ケヤキ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃

表 3-16 実験結果詳細一覧（ケヤキ・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量 [g]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ			非破壊	破壊				
A13-2	26.5	20	20	320	88.51	0.69	11,580	11,510	0.99	2,572	135.0	1.0
A16-2	26.5	20	20	320	85.94	0.67	10,510	10,390	0.99	2,506	131.6	
B10-3	26.5	20	20	320	90.02	0.70	10,000	10,020	1.0	2,141	112.4	
B1-1	26.5	20	20	320	90.70	0.71	11,010	11,220	1.0	2,273	119.3	
B11-1	26.5	20	20	320	88.21	0.69	10,500	10,650	1.0	2,507	131.6	
B2-3	26.5	20	20	320	84.05	0.66	11,050	11,080	1.0	2,285	120.0	
B3-2	26.5	20	20	320	89.56	0.70	13,510	13,400	0.99	2,790	146.5	
C1-1	26.5	20	20	320	74.15	0.58	9,201	9,199	1.0	2,152	113.0	
C3-1	26.5	20	20	320	76.93	0.60	7,848	7,956	1.0	2,066	108.5	
C5-3	26.5	20	20	320	75.18	0.59	8,657	8,629	1.0	2,273	119.3	
C8-1	26.5	20	20	320	88.88	0.69	12,390	12,430	1.0	2,961	155.5	
D1-2	26.5	20	20	320	83.67	0.65	10,010	9,851	0.98	2,375	124.7	
D8-3	26.5	20	20	320	91.07	0.71	12,360	12,290	0.99	2,846	149.4	
E2-2	26.5	20	20	320	74.95	0.59	8,675	8,592	0.99	2,192	115.1	
平均値	－	－	－	－	84.42	0.66	10,522	10,516	1.0	2,424	127.3	－
最大値	－	－	－	－	91.07	0.71	13,510	13,400	1.0	2,961	155.5	－
最小値	－	－	－	－	74.15	0.58	7,848	7,956	0.98	2,066	108.5	－
標準偏差	－	－	－	－	6.40	0.05	1,611	1,598	0.01	283	14.8	－
変動係数[%]	－	－	－	－	7.58	7.58	15.3	15.2	1.04	11.7	11.7	－

表 3-17 実験結果詳細一覧（ケヤキ・100℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
A11-1	100	20	20	320	87.78	87.33	0.69	0.68	10,640	9,405	0.88	1,697	89.09	0.65
A1-2	100	20	20	320	73.05	72.63	0.57	0.57	8,094	7,020	0.87	1,307	68.62	
A19	100	20	20	320	88.63	88.23	0.69	0.69	9,439	8,243	0.87	1,347	70.72	
A20-1	100	20	20	320	87.49	87.18	0.68	0.68	10,460	8,610	0.82	1,238	65.00	
A9-2	100	20	20	320	88.22	87.82	0.69	0.69	12,150	10,230	0.84	1,748	91.77	
B10-1	100	20	20	320	86.79	86.10	0.68	0.67	8,746	7,756	0.89	1,202	63.11	
B11-2	100	20	20	320	88.72	87.99	0.69	0.69	11,660	9,970	0.86	1,583	83.11	
B8-1	100	20	20	320	94.49	93.73	0.74	0.73	13,340	11,250	0.84	2,122	111.4	
B8-4	100	20	20	320	89.55	88.89	0.70	0.69	10,970	9,453	0.86	1,473	77.33	
B9	100	20	20	320	91.84	91.12	0.72	0.71	12,540	10,370	0.83	1,977	103.8	
C1-3	100	20	20	320	81.67	80.73	0.64	0.63	8,572	7,644	0.89	1,541	80.90	
C6-4	100	20	20	320	86.44	85.54	0.68	0.67	11,510	10,210	0.89	1,603	84.16	
C7-3	100	20	20	320	84.10	83.30	0.66	0.65	10,100	9,274	0.92	1,795	94.24	
D5-2	100	20	20	320	90.34	89.53	0.71	0.70	11,230	10,180	0.91	1,842	96.71	
H1-1	100	20	20	320	83.10	82.01	0.65	0.64	9,145	8,017	0.88	1,403	73.66	
H1-2	100	20	20	320	79.24	78.37	0.62	0.61	9,860	8,847	0.90	1,462	76.76	
平均値	－	－	－	－	86.34	85.66	0.67	0.67	10,529	9,155	0.87	1,584	83.15	－
最大値	－	－	－	－	94.49	93.73	0.74	0.73	13,340	11,250	0.92	2,122	111.4	－
最小値	－	－	－	－	73.05	72.63	0.57	0.57	8,094	7,020	0.82	1,202	63.11	－
標準偏差	－	－	－	－	5.20	5.22	0.04	0.04	1,510	1,193	0.03	265	13.9	－
変動係数[%]	－	－	－	－	6.02	6.09	6.02	6.09	14.3	13.0	3.18	16.7	16.7	－

表 3-18 実験結果詳細一覧（ケヤキ・150℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
A10-1	150	20	20	320	91.36	89.16	0.71	0.70	10,670	8,464	0.79	1,347	70.72	0.57
A1-1	150	20	20	320	75.49	72.96	0.59	0.57	9,477	7,687	0.81	1,317	69.14	
A13-1	150	20	20	320	92.08	88.97	0.72	0.70	11,290	9,232	0.82	1,511	79.33	
A14-3	150	20	20	320	95.64	92.45	0.75	0.72	10,920	8,998	0.82	1,412	74.13	
A15-1	150	20	20	320	90.00	86.98	0.70	0.68	10,440	8,649	0.83	1,315	69.04	
A20-3	150	20	20	320	88.30	85.35	0.69	0.67	10,130	8,548	0.84	1,578	82.85	
A3-4	150	20	20	320	71.62	70.42	0.56	0.55	8,557	6,731	0.79	1,142	59.96	
B7-3	150	20	20	320	89.27	86.59	0.70	0.68	9,817	7,639	0.78	1,187	62.32	
B8-3	150	20	20	320	87.77	85.17	0.69	0.67	11,490	9,223	0.80	1,316	69.09	
C2-3	150	20	20	320	82.79	80.30	0.65	0.63	11,770	9,730	0.83	1,593	83.63	
C2-4	150	20	20	320	73.98	71.75	0.58	0.56	8,248	6,548	0.79	1,271	66.73	
D2-2	150	20	20	320	89.75	87.45	0.70	0.68	13,160	10,000	0.76	1,605	84.26	
D3-1	150	20	20	320	86.62	84.50	0.68	0.66	12,040	9,913	0.82	1,690	88.73	
D5-3	150	20	20	320	97.76	85.71	0.76	0.67	12,600	10,690	0.85	1,661	87.20	
E1-3	150	20	20	320	77.62	75.79	0.61	0.59	8,802	6,880	0.78	1,048	55.02	
E2-3	150	20	20	320	72.47	70.8	0.57	0.55	9,107	7,117	0.78	1,160	60.90	
平均値	-	-	-	-	85.16	82.15	0.67	0.64	10,532	8,503	0.81	1,385	72.69	-
最大値	-	-	-	-	97.76	92.45	0.76	0.72	13,160	10,690	0.85	1,690	88.73	-
最小値	-	-	-	-	71.62	70.42	0.56	0.55	8,248	6,548	0.76	1,048	55.02	-
標準偏差	-	-	-	-	8.41	7.36	0.07	0.06	1,474	1,285	0.03	201	10.6	-
変動係数[%]	-	-	-	-	9.87	8.96	9.87	8.96	14.0	15.1	3.16	14.5	14.5	-

表 3-19 実験結果詳細一覧（ケヤキ・200℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
A13-4	200	20	20	320	93.33	89.86	0.73	0.70	11,400	5,749	0.50	755	39.64	0.31
A14-2	200	20	20	320	87.34	83.42	0.68	0.65	9,769	4,780	0.49	607	31.87	
A5-2	200	20	20	320	82.28	78.36	0.64	0.61	11,310	5,909	0.52	752	39.48	
A6-1	200	20	20	320	85.06	80.90	0.66	0.63	10,760	5,694	0.53	677	35.54	
A8-1	200	20	20	320	78.57	74.59	0.61	0.58	10,140	5,296	0.52	688	36.12	
A9-3	200	20	20	320	89.89	85.39	0.70	0.67	10,420	5,175	0.50	653	34.28	
B6-1	200	20	20	320	91.08	86.66	0.71	0.68	8,513	3,837	0.45	527	27.67	
C4-2	200	20	20	320	78.68	74.13	0.61	0.58	8,286	4,013	0.48	522	27.41	
C4-3	200	20	20	320	79.80	75.24	0.62	0.59	9,523	4,835	0.51	677	35.54	
C6-1	200	20	20	320	84.02	79.90	0.66	0.62	10,890	6,608	0.61	966	50.72	
C7-2	200	20	20	320	87.53	83.20	0.68	0.65	11,990	6,843	0.57	945	49.61	
D8-2	200	20	20	320	97.34	92.47	0.76	0.72	13,140	7,363	0.56	1,012	53.13	
D8-4	200	20	20	320	84.04	80.03	0.66	0.63	11,810	7,001	0.59	870	45.68	
F1-3	200	20	20	320	85.98	81.23	0.67	0.63	9,081	4,615	0.51	591	31.03	
F2-3	200	20	20	320	72.03	68.12	0.56	0.53	8,926	4,795	0.54	602	31.61	
H2-1	200	20	20	320	94.69	89.74	0.74	0.70	12,770	7,922	0.62	1,025	53.81	
平均値	-	-	-	-	85.73	81.45	0.67	0.64	10,546	5,652	0.53	742	38.95	-
最大値	-	-	-	-	97.34	92.47	0.76	0.72	13,140	7,922	0.62	1,025	53.81	-
最小値	-	-	-	-	72.03	68.12	0.56	0.53	8,286	3,837	0.45	522	27.41	-
標準偏差	-	-	-	-	6.67	6.54	0.05	0.05	1,476	1,208	0.05	170	8.95	-
変動係数[%]	-	-	-	-	7.78	8.03	7.78	8.03	14.0	21.4	8.89	23.0	23.0	-

表 3-20 実験結果詳細一覧（ケヤキ・250℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm³]		ヤング係数[N/mm²]		高温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm²]	高温時 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	加熱前	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)				
A11-2	250	20	20	320	86.49	79.40	0.68	0.62	9,533	1,845	0.19	261	13.70	0.15
A1-4	250	20	20	320	74.94	67.06	0.59	0.52	9,022	2,449	0.27	307	16.12	
A14-1	250	20	20	320	86.22	78.07	0.67	0.61	10,810	3,177	0.29	393	20.63	
A4-1	250	20	20	320	73.95	61.01	0.58	0.48	8,378	3,153	0.38	347	18.22	
A5-4	250	20	20	320	82.59	68.84	0.65	0.54	10,860	3,565	0.33	252	13.23	
B4-2	250	20	20	320	82.77	73.95	0.65	0.58	11,860	3,554	0.30	338	17.75	
C6-2	250	20	20	320	77.23	70.11	0.60	0.55	8,965	2,443	0.27	385	20.21	
A4-3	250	20	20	320	78.80	77.04	0.62	0.60	8,478	1,606	0.19	436	22.89	
D5-1	250	20	20	320	81.33	70.80	0.64	0.55	11,370	3,002	0.26	335	17.59	
D1-3	250	20	20	320	79.87	65.43	0.62	0.51	10,390	3,192	0.31	325	17.06	
D2-3	250	20	20	320	76.25	65.96	0.60	0.52	10,310	3,178	0.31	347	18.22	
D2-4	250	20	20	320	91.21	78.28	0.71	0.61	12,980	4,618	0.36	503	26.41	
A5-1	250	20	20	320	82.73	69.93	0.65	0.55	11,960	4,939	0.41	477	25.04	
D6-1	250	20	20	320	91.18	78.23	0.71	0.61	11,350	3,973	0.35	331	17.38	
D7-1	250	20	20	320	87.57	73.84	0.68	0.58	12,800	4,922	0.38	370	19.43	
H2-3	250	20	20	320	76.17	65.35	0.60	0.51	9698	2905	0.30	257	13.49	
平均値	—	—	—	—	81.83	71.46	0.64	0.56	10,548	3,283	0.31	354	18.59	—
最大値	—	—	—	—	91.21	79.40	0.71	0.62	12,980	4,939	0.41	503	26.41	—
最小値	—	—	—	—	73.95	61.01	0.58	0.48	8,378	1,606	0.19	252	13.23	—
標準偏差	—	—	—	—	5.53	5.69	0.04	0.04	1,457	979	0.06	73	3.82	—
変動係数[%]	—	—	—	—	6.76	7.97	6.76	7.97	13.8	29.8	20.3	20.6	20.6	—

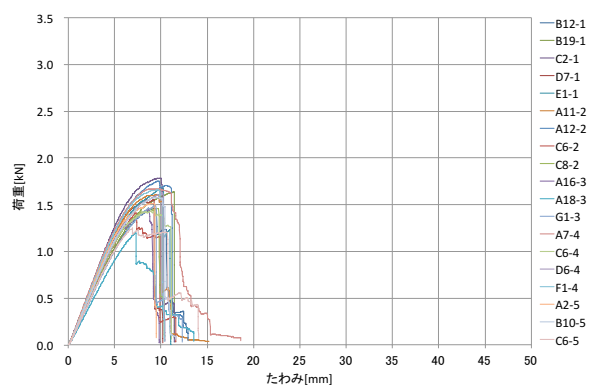


図 3-1 荷重-たわみ関係（スギ・常温）

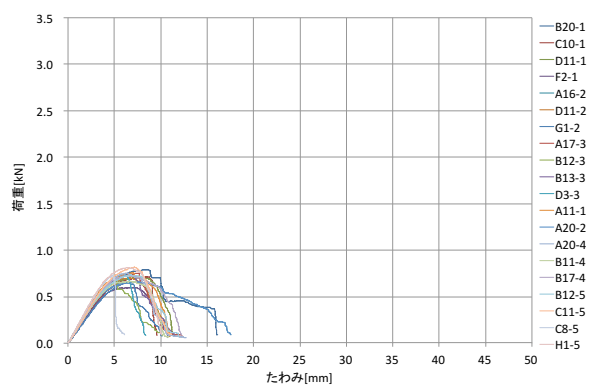


図 3-4 荷重-たわみ関係（スギ・200℃）

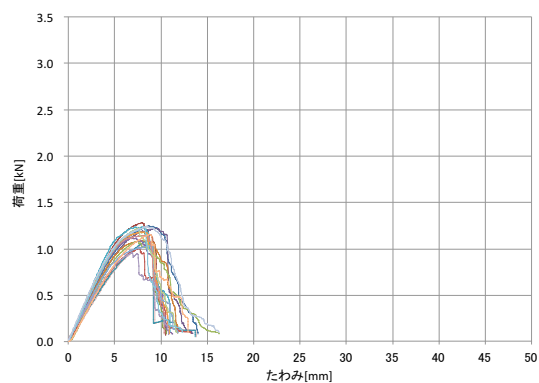


図 3-2 荷重-たわみ関係（スギ・100℃）

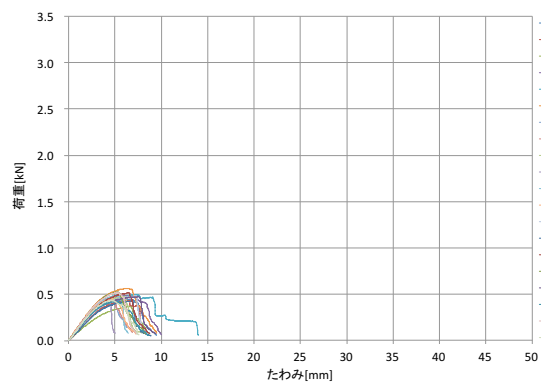


図 3-5 荷重-たわみ関係（スギ・230℃）

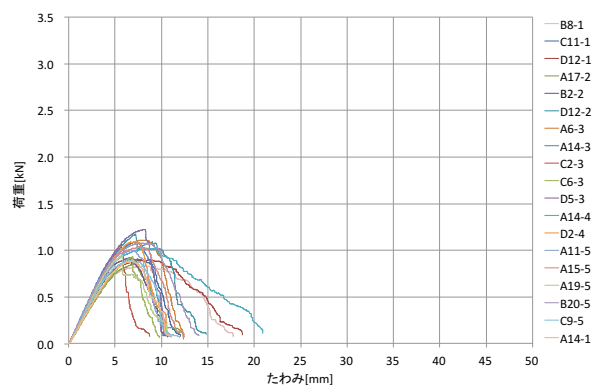


図 3-3 荷重-たわみ関係（スギ・150℃）

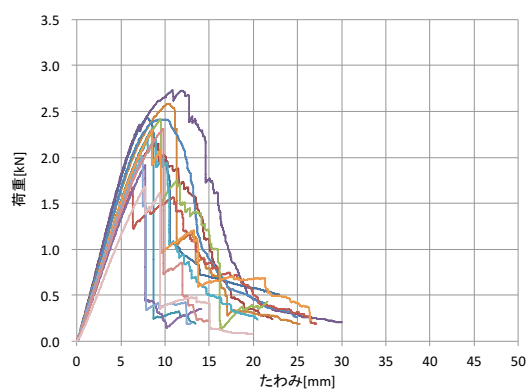


図 3-6 荷重-たわみ関係（カラマツ・常温）

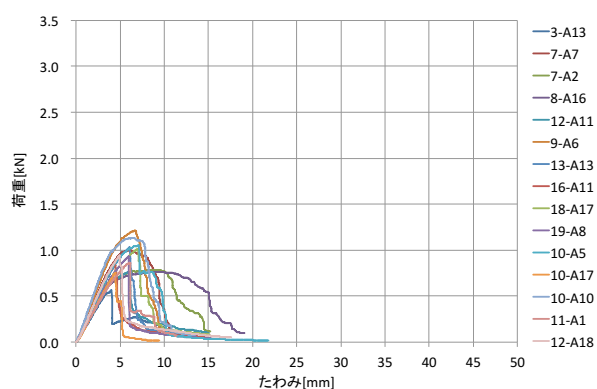


図 3-9 荷重-たわみ関係（カラマツ・200℃）

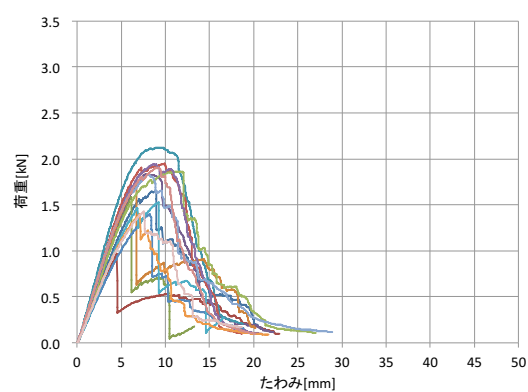


図 3-7 荷重-たわみ関係（カラマツ・100℃）

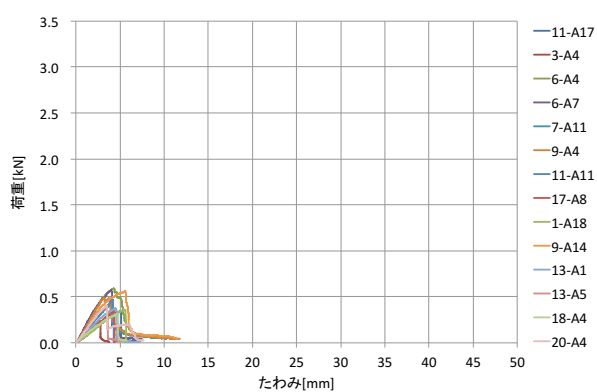


図 3-10 荷重-たわみ関係（カラマツ・250℃）

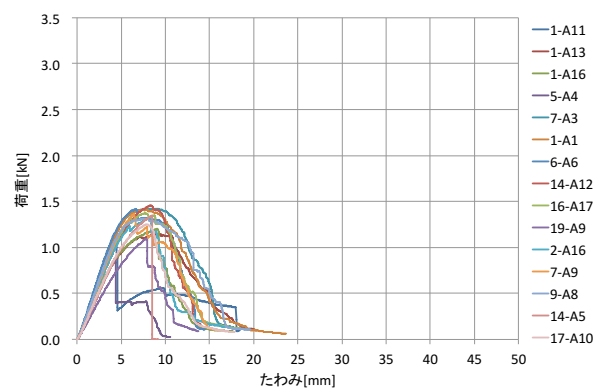


図 3-8 荷重-たわみ関係（カラマツ・150℃）

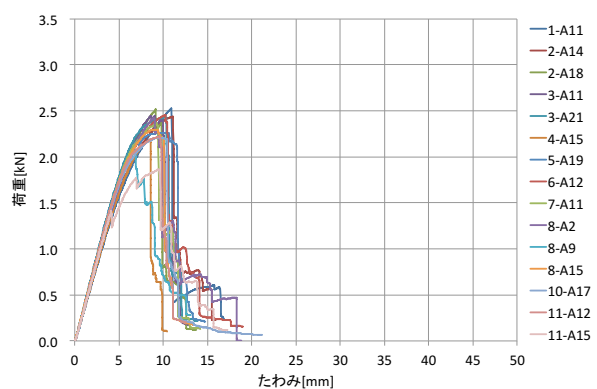


図 3-11 荷重-たわみ関係（ベイマツ・常温）

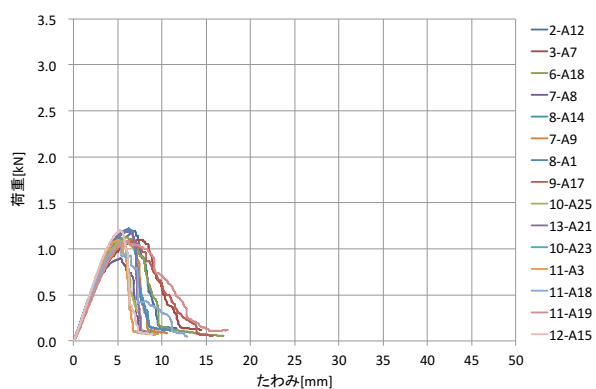


図 3-14 荷重-たわみ関係（ベイマツ・200℃）

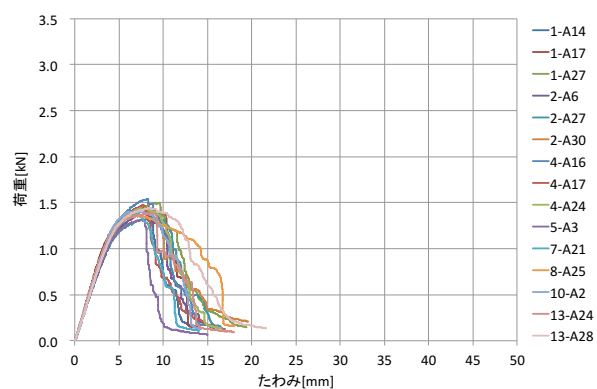


図 3-12 荷重-たわみ関係（ベイマツ・100℃）

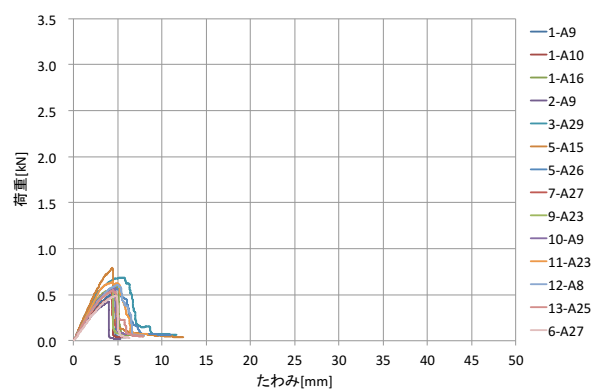


図 3-15 荷重-たわみ関係（ベイマツ・250℃）

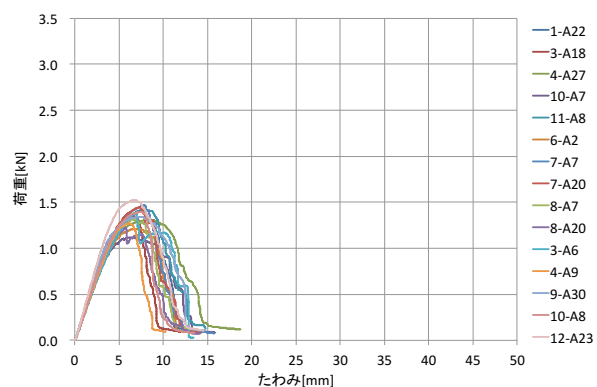


図 3-13 荷重-たわみ関係（ベイマツ・150℃）



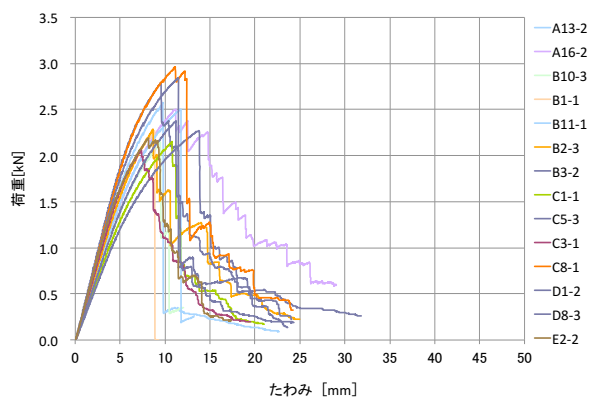


図 3-16 荷重-たわみ関係（ケヤキ・常温）

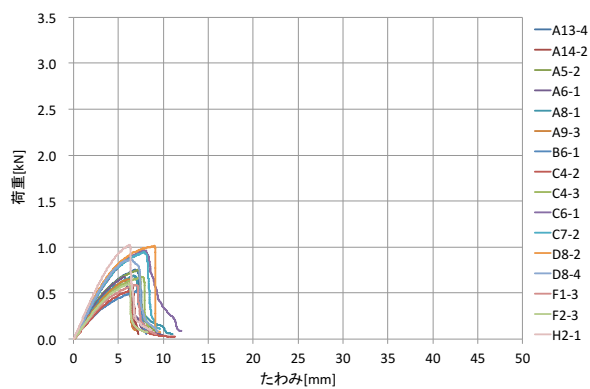


図 3-19 荷重-たわみ関係（ケヤキ・200℃）

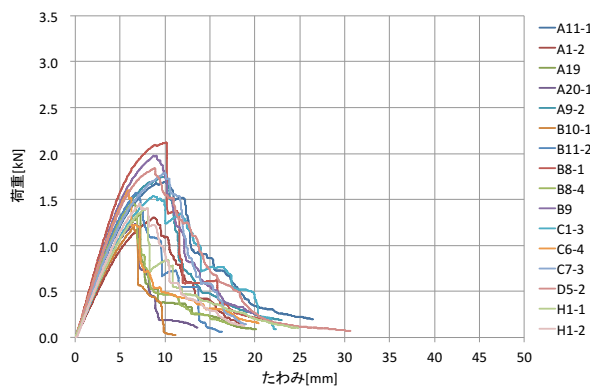


図 3-17 荷重-たわみ関係（ケヤキ・100℃）

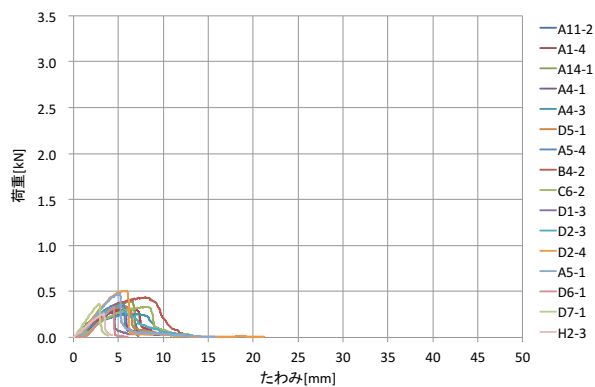


図 3-20 荷重-たわみ関係（ケヤキ・250℃）

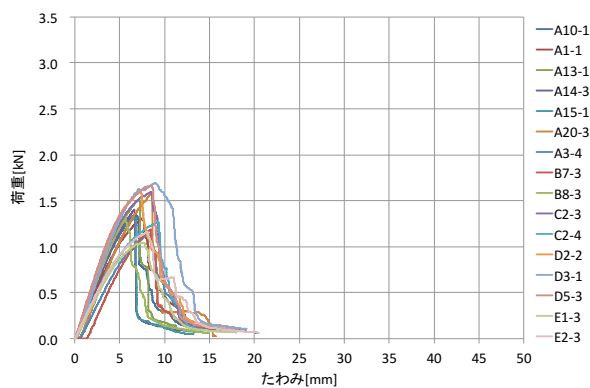


図 3-18 荷重-たわみ関係（ケヤキ・150℃）

第 4 章 100℃未満における木材の力学的特性

スギ：試験体群 A（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 B（常温、50℃、80℃、95℃）  
試験体群 C（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 D（常温、50℃、80℃、95℃）

表 4-1 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 A（含水率 W≤5%）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
F 21	20	20.35	20.42	320	44.83	42.88	0.34	0.32	4.55	6,038	6,153	1.0	1.0	1,313	68.93	1.0	1.0
F 28	20	20.28	20.27	320	42.44	40.55	0.32	0.31	4.66	5,182	5,273	1.0		1,336	70.14		
K 11	20	19.95	19.80	320	49.54	47.30	0.39	0.37	4.74	7,933	8,220	1.0		1,718	90.20		
I 33	20	19.82	19.70	321	42.30	40.38	0.34	0.32	4.75	6,877	7,005	1.0		1,241	65.15		
K 4	20	20.40	20.19	320	49.29	47.02	0.37	0.36	4.83	7,106	7,273	1.0		1,512	79.38		
D 9	20	20.37	20.44	320	46.28	44.14	0.35	0.33	4.85	7,793	7,905	1.0		1,073	56.33		
C 20	20	20.22	20.32	320	46.34	44.16	0.35	0.34	4.94	6,796	6,912	1.0		967	50.77		
G 4	20	20.18	20.21	320	55.22	52.59	0.42	0.40	5.00	9,788	9,977	1.0		1,193	62.63		
K 19	20	19.92	19.85	321	52.67	50.16	0.42	0.40	5.00	7,948	8,259	1.0		1,737	91.19		
C 4	20	20.23	20.19	320	54.80	52.18	0.42	0.40	5.02	10,810	10,740	0.99		1,885	98.96		
C 5	20	20.31	20.44	320	57.38	54.63	0.43	0.41	5.03	10,880	10,850	1.0		1,298	68.15		
A 9	20	20.34	20.34	320	44.94	42.78	0.34	0.32	5.05	7,321	7,337	1.0		1,375	72.19		
F 18	20	20.20	20.30	320	48.10	45.73	0.37	0.35	5.18	8,663	8,686	1.0		1,203	63.16		
G 7	20	20.18	20.15	320	52.62	50.01	0.40	0.38	5.22	9,064	9,326	1.0		1,527	80.17		
平均値	—	—	—	—	49.05	46.75	0.38	0.36	4.92	8,014	8,137	1.0	—	1,384	72.67	—	—
最大値	—	—	—	—	57.38	54.63	0.43	0.41	5.22	10,880	10,850	1.0	—	1,885	98.96	—	—
最小値	—	—	—	—	42.30	40.38	0.32	0.31	4.55	5,182	5,273	0.99	—	967	50.77	—	—
標準偏差	—	—	—	—	4.86	4.58	0.04	0.04	0.19	1,682	1,655	0.01	—	263	13.8	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	9.90	9.80	10.0	9.92	3.96	21.0	20.3	1.34	—	19.0	19.0	—	—

表 4-2 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 A（含水率 W≤5%）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)							破壊 (高温時)
B 9	50	20.33	20.35	320	45.12	45.18	43.29	0.34	0.34	0.33	4.37	7,196	6,886	0.96	1.0	982	51.56	0.88	1.0
I 24	50	19.85	19.97	320	41.65	41.83	40.03	0.33	0.33	0.32	4.50	6,843	6,473	0.95		1,206	63.32		
K 2	50	20.05	20.21	320	46.06	46.18	44.18	0.36	0.36	0.34	4.53	7,081	6,560	0.93		1,408	73.92		
I 14	50	19.93	19.73	321	44.85	45.08	43.12	0.36	0.36	0.34	4.55	8,353	7,783	0.93		1,436	75.39		
I 25	50	20.34	20.21	320	42.74	42.89	41.01	0.32	0.33	0.31	4.58	7,110	6,819	0.96		1,127	59.17		
F 17	50	20.32	20.48	320	46.00	46.1	44.07	0.35	0.35	0.33	4.61	7,375	6,779	0.92		975	51.19		
F 33	50	20.39	20.45	320	47.80	47.91	45.74	0.36	0.36	0.34	4.74	8,279	7,643	0.92		1,228	64.47		
F 2	50	20.32	20.50	320	57.29	57.38	54.77	0.43	0.43	0.41	4.77	10,520	9,779	0.93		1,003	52.66		
D 4	50	20.17	20.32	320	55.02	55.08	52.56	0.42	0.42	0.40	4.79	10,640	9,891	0.93		1,336	70.14		
G 32	50	20.31	20.38	321	49.27	49.38	47.12	0.37	0.37	0.36	4.80	8,589	7,966	0.93		1,222	64.16		
J 2	50	19.89	19.84	320	47.41	47.58	45.38	0.38	0.38	0.36	4.85	6,307	5,991	0.95		1,207	63.37		
E 7	50	20.13	20.21	320	52.73	52.9	50.43	0.40	0.41	0.39	4.90	9,541	8,992	0.94		1,308	68.67		
F 8	50	20.41	20.50	320	54.64	54.8	52.20	0.41	0.41	0.39	4.98	9,441	9,017	0.96		1,206	63.32		
D 33	50	20.31	20.30	321	49.80	49.93	47.54	0.38	0.38	0.36	5.03	8,434	7,843	0.93		996	52.29		
K 13	50	19.95	19.73	320	52.28	52.49	49.97	0.41	0.42	0.40	5.04	8,299	7,693	0.93		1,597	83.84		
平均値	—	—	—	—	48.84	48.98	46.76	0.37	0.37	0.36	4.73	8,267	7,741	0.94	—	1,216	63.83	—	—
最大値	—	—	—	—	57.29	57.38	54.77	0.43	0.43	0.41	5.04	10,640	9,891	0.96	—	1,597	83.84	—	—
最小値	—	—	—	—	41.65	41.83	40.03	0.32	0.33	0.31	4.37	6,307	5,991	0.92	—	975	51.19	—	—
標準偏差	—	—	—	—	4.70	4.69	4.41	0.03	0.03	0.03	0.21	1,320	1,213	0.01	—	183	9.80	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	9.62	9.57	9.43	9.16	9.13	8.99	4.37	16.0	15.7	1.42	—	15.0	15.0	—	—

表 4-3 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 A（含水率 W≤5%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)							
I	29	80	19.72	20.13	320	41.57	41.11	40.06	0.33	0.32	0.32	2.62	7.060	6.446	0.91	1.0	928	48.72	0.69	1.0
E	29	80	20.23	20.18	321	45.15	44.86	43.39	0.34	0.34	0.33	3.39	7.387	6.847	0.93		817	42.89		
F	11	80	20.22	20.23	320	46.02	45.75	44.18	0.35	0.35	0.34	3.55	8.489	7.714	0.91		732	38.43		
E	9	80	20.33	20.39	320	47.88	47.59	45.94	0.36	0.36	0.35	3.59	8.677	8.011	0.92		1,008	52.92		
J	5	80	19.07	19.89	320	44.66	44.42	42.86	0.37	0.37	0.35	3.64	7.106	6.360	0.90		1,085	56.96		
K	20	80	19.97	19.87	320	47.81	47.53	45.86	0.38	0.37	0.36	3.64	7.643	6.943	0.91		1,148	60.27		
E	11	80	20.16	20.35	320	46.36	46.1	44.46	0.35	0.35	0.34	3.69	8.127	7.266	0.89		872	45.78		
A	5	80	20.50	20.37	320	52.52	52.22	50.36	0.39	0.39	0.38	3.69	9.399	8.481	0.90		680	35.70		
A	8	80	20.21	20.32	320	48.69	48.36	46.63	0.37	0.37	0.35	3.71	7.738	7.304	0.94		786	41.27		
E	3	80	20.20	20.18	320	54.66	52.03	50.14	0.42	0.40	0.38	3.77	9.932	9.136	0.92		1,040	54.60		
F	4	80	20.19	20.20	320	55.64	55.34	53.29	0.43	0.42	0.41	3.85	10.690	9.779	0.91		1,153	60.53		
F	13	80	20.18	20.21	321	54.41	54.17	52.16	0.42	0.41	0.40	3.85	9.268	8.652	0.93		1,062	55.76		
F	32	80	20.34	20.26	320	49.76	49.54	47.70	0.38	0.38	0.36	3.86	9.044	7.977	0.88		957	50.24		
J	12	80	19.81	20.00	321	44.44	44.22	42.54	0.35	0.35	0.33	3.95	6.704	5.910	0.88		931	48.88		
C	2	80	20.36	20.44	320	56.99	56.69	54.49	0.43	0.43	0.41	4.04	10.800	9.485	0.88		1,030	54.08		
平均値	-	-	-	-	-	49.10	48.66	46.94	0.38	0.37	0.36	3.66	8.538	7.754	0.91	-	949	49.80	-	-
最大値	-	-	-	-	-	56.99	56.69	54.49	0.43	0.43	0.41	4.04	10.800	9.779	0.94	-	1,153	60.53	-	-
最小値	-	-	-	-	-	41.57	41.11	40.06	0.33	0.32	0.32	2.62	6.704	5.910	0.88	-	680	35.70	-	-
標準偏差	-	-	-	-	-	4.71	4.56	4.30	0.03	0.03	0.03	0.33	1.303	1.178	0.02	-	147	7.70	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	-	9.59	9.37	9.16	8.50	8.26	8.05	9.02	15.3	15.2	2.16	-	15.5	15.5	-	-

表 4-4 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・ $95^{\circ}\text{C}$ ）

試験体名	温度条件 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	寸法[mm]			質量[g]			密度[ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]			含水率 [%]	ヤング係数[ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
J	20	95	19.99	19.88	321	45.92	45.45	44.29	0.36	0.36	0.35	2.62	6.682	5.938	0.89		972	51.03	
B	28	95	20.34	20.35	321	44.04	43.55	42.32	0.33	0.33	0.32	2.91	7.588	6.708	0.88		842	44.21	
I	23	95	20.99	20.92	321	40.23	39.75	38.60	0.29	0.28	0.27	2.98	6.857	6.272	0.91		902	47.36	
G	17	95	20.30	20.51	321	47.38	47.01	45.62	0.35	0.35	0.34	3.05	7.671	6.695	0.87		861	45.20	
C	18	95	20.40	20.17	320	49.77	49.35	47.82	0.38	0.37	0.36	3.20	9.702	8.771	0.90		963	50.56	
K	14	95	19.82	19.94	320	47.97	47.52	46.03	0.38	0.38	0.36	3.24	7.901	7.041	0.89		1,131	59.38	
E	14	95	20.39	20.35	320	48.59	48.17	46.65	0.37	0.36	0.35	3.26	8.152	7.312	0.90		705	37.01	
F	16	95	20.10	20.13	320	44.72	44.32	42.90	0.35	0.34	0.33	3.31	5.589	4.897	0.88		792	41.58	
B	33	95	20.33	20.34	320	51.85	51.43	49.78	0.39	0.39	0.38	3.31	9.518	8.210	0.86		897	47.09	
D	7	95	20.17	20.12	320	54.31	53.89	52.13	0.42	0.41	0.40	3.38	10.130	9.035	0.89		948	49.77	
C	7	95	20.12	20.17	321	55.60	55.2	53.28	0.43	0.42	0.41	3.60	9.980	8.992	0.90		1,011	53.08	
E	13	95	20.12	20.14	320	52.91	52.5	50.65	0.41	0.40	0.39	3.65	9.473	8.645	0.91		733	38.48	
F	20	95	20.23	20.30	320	46.22	45.88	44.25	0.35	0.35	0.34	3.68	7.607	6.971	0.92		747	39.22	
B	19	95	20.44	20.35	321	56.94	56.56	54.52	0.43	0.42	0.41	3.74	10.760	9.534	0.89		998	52.40	
J	14	95	20.01	19.94	321	45.21	44.85	43.23	0.35	0.35	0.34	3.75	6.507	5.845	0.90		1,001	52.55	
平均値	-	-	-	-	-	48.78	48.36	46.80	0.37	0.37	0.36	3.31	8.274	7.391	0.89	-	900	47.26	-
最大値	-	-	-	-	-	56.94	56.56	54.52	0.43	0.42	0.41	3.75	10.760	9.534	0.92	-	1,131	59.38	-
最小値	-	-	-	-	-	40.23	39.75	38.60	0.29	0.28	0.27	2.62	5.589	4.897	0.86	-	705	37.01	-
標準偏差	-	-	-	-	-	4.73	4.75	4.51	0.04	0.04	0.04	0.33	1.555	1.395	0.02	-	120	6.32	-
変動係数[%]	-	-	-	-	-	9.70	9.81	9.64	10.4	10.5	10.3	10.1	18.8	18.9	1.74	-	13.4	13.4	-

表 4-5 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 B（ $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ ）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊							
J	1	20	19.81	19.90	320	48.96	45.67	0.39	0.36	7.20	7.242	7.360	1.0	1.0	1,585	83.21	1.0	0.88
G	5	20	20.30	20.35	321	60.92	54.04	0.46	0.41	12.7	11.010	10.740	0.98		1,437	75.44		
F	3	20	20.22	20.24	320	58.52	51.90	0.45	0.40	12.8	10.360	10.480	1.0		1,537	80.69		
G	12	20	19.80	20.23	320	57.17	50.70	0.45	0.40	12.8	9.054	9.417	1.0		1,282	67.31		
I	7	20	20.25	19.96	320	52.90	46.79	0.41	0.36	13.1	8.453	8.526	1.0		1,282	67.31		
D	19	20	20.36	19.40	320	60.02	53.07	0.47	0.42	13.1	10.800	10.930	1.0		1,452	76.23		
I	13	20	20.11	19.92	320	43.71	38.58	0.34	0.30	13.3	6.790	6.951	1.0		960	50.40		
I	8	20	20.31	19.99	320	48.36	42.64	0.37	0.33	13.4	8.184	8.369	1.0		1,162	61.01		
E	26	20	20.32	20.27	320	50.20	44.25	0.38	0.34	13.4	8.312	8.397	1.0		970	50.93		
B	14	20	20.39	20.42	321	52.12	45.92	0.39	0.34	13.5	8.669	8.653	1.0		1,062	55.76		
D	27	20	20.42	20.40	321	48.71	42.87	0.36	0.32	13.6	6.480	6.457	1.0		1,026	53.87		
K	3	20	20.04	19.86	320	49.63	43.67	0.39	0.34	13.6	6.598	6.531	0.99		1,082	56.81		
D	29	20	20.25	20.27	320	49.69	43.72	0.38	0.33	13.7	8.102	8.182	1.0		1,047	54.97		
J	11	20	20.14	19.84	320	54.46	47.84	0.43	0.37	13.8	8.201	8.242	1.0	1,222	64.16			
B	21	20	21.46	20.35	320	51.14	44.89	0.37	0.32	13.9	6.408	6.406	1.0	1,075	56.44			
J	13	20	19.79	19.98	320	56.27	49.36	0.44	0.39	14.0	7.374	7.363	1.0	1,288	67.62			
平均値	-	-	-	-	-	52.67	46.62	0.40	0.36	13.0	8.252	8.313	1.0	-	1,217	63.88	-	-
最大値	-	-	-	-	-	60.92	54.04	0.47	0.42	14.0	11.010	10.930	1.0	-	1,585	83.21	-	-
最小値	-	-	-	-	-	43.71	38.58	0.34	0.30	7.20	6.408	6.406	0.98	-	960	50.40	-	-
標準偏差	-	-	-	-	-	4.82	4.26	0.04	0.04	1.60	1.475	1.478	0.02	-	202	10.6	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	-	9.14	9.13	9.84	9.93	12.3	17.9	17.8	1.56	-	16.6	16.6	-	-

表 4-6 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 B（ $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ ）・ $50^{\circ}\text{C}$ ）

試験体名	温度条件 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	寸法[mm]			質量[g]			密度[ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]			含水率 [%]	ヤング係数[ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
E	5	50	20.35	20.41	321	61.17	60.84	54.03	0.46	0.46	0.41	12.6	10.230	9.314	0.91		1,227	64.42	
G	11	50	20.30	20.27	321	50.60	50.2	44.56	0.38	0.38	0.34	12.7	7.409	7.651	1.0		953	50.03	
B	11	50	20.25	20.25	320	49.56	49.19	43.61	0.38	0.37	0.33	12.8	7.214	6.995	0.97		943	49.51	
D	32	50	20.39	20.38	320	56.30	56.02	49.65	0.42	0.42	0.37	12.8	8.270	8.049	0.97		775	40.69	
B	7	50	20.14	20.29	320	60.50	60.2	53.35	0.46	0.46	0.41	12.8	8.717	9.124	1.0		1,111	58.33	
A	2	50	20.66	20.45	321	58.88	58.49	51.78	0.43	0.43	0.38	13.0	8.953	8.605	0.96		1,097	57.59	
I	2	50	20.08	19.91	321	43.67	43.57	38.57	0.34	0.34	0.30	13.0	5.877	6.235	1.1		842	44.21	
H	13	50	20.33	20.23	320	57.84	57.33	50.74	0.44	0.44	0.39	13.0	8.000	6.536	0.82		1,081	56.75	
B	10	50	20.38	20.30	321	48.51	48.21	42.63	0.37	0.36	0.32	13.1	7.100	6.216	0.88		925	48.56	
C	9	50	20.41	20.32	321	49.84	49.38	43.66	0.37	0.37	0.33	13.1	7.873	7.526	0.96		942	49.46	
F	14	50	20.42	20.40	320	52.32	52.03	45.98	0.39	0.39	0.34	13.2	7.896	6.455	0.82		992	52.08	
C	26	50	20.33	20.24	320	51.50	51.13	45.12	0.39	0.39	0.34	13.3	7.642	6.930	0.91		941	49.40	
J	4	50	20.05	20.10	321	52.86	52.58	46.33	0.41	0.41	0.36	13.5	6.768	7.267	1.1		968	50.82	
I	35	50	19.91	19.92	321	48.81	48.65	42.86	0.38	0.38	0.34	13.5	6.833	6.966	1.0		992	52.08	
J	19	50	19.82	19.98	321	54.74	54.52	48.00	0.43	0.43	0.38	13.6	6.926	6.805	0.98		1,007	52.87	
平均値	-	-	-	-	-	53.14	52.82	46.72	0.40	0.40	0.36	13.1	7.714	7.378	0.96	-	986	51.79	-
最大値	-	-	-	-	-	61.17	60.84	54.03	0.46	0.46	0.41	13.6	10.230	9.314	1.1	-	1,227	64.42	-
最小値	-	-	-	-	-	43.67	43.57	38.57	0.34	0.34	0.30	12.6	5.877	6.216	0.82	-	775	40.69	-
標準偏差	-	-	-	-	-	5.00	4.96	4.43	0.04	0.04	0.03	0.31	1.059	997	0.08	-	111	5.82	-
変動係数[%]	-	-	-	-	-	9.41	9.38	9.47	8.89	8.89	8.95	2.34	13.7	13.5	8.51	-	11.2	11.2	-

表 4-7 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 B（5%＜含水率  $W \leq 15\%$ ）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
I 1	80	20.28	20.08	321	48.52	48.33	43.03	0.37	0.37	0.33	12.3	7.464	6.629	0.89	0.81	702	36.86	0.58	0.74
H 2	80	20.44	20.53	320	61.08	60.58	53.88	0.45	0.45	0.40	12.4	7.775	8.160	1.0		817	42.89		
D 10	80	20.36	20.30	320	49.61	49.14	43.67	0.38	0.37	0.33	12.5	7.589	5.121	0.67		632	33.18		
D 13	80	20.12	20.19	320	58.59	58.17	51.65	0.45	0.45	0.40	12.6	8.138	7.860	0.97		806	42.32		
E 25	80	20.38	20.35	320	60.60	60.12	53.37	0.46	0.45	0.40	12.6	8.905	8.628	0.97		876	45.99		
D 14	80	20.40	20.44	321	50.66	50.2	44.56	0.38	0.38	0.33	12.7	6.218	4.852	0.78		632	33.18		
G 14	80	20.44	20.53	321	51.49	51.07	45.33	0.38	0.38	0.34	12.7	6.107	5.177	0.85		657	34.49		
E 16	80	20.17	20.10	320	48.81	49.31	43.74	0.38	0.38	0.34	12.7	5.371	3.743	0.70		567	29.77		
G 13	80	20.21	20.27	320	57.86	57.48	50.97	0.44	0.44	0.39	12.8	8.584	7.731	0.90		811	42.58		
E 10	80	20.31	20.35	321	48.81	48.43	42.94	0.37	0.37	0.32	12.8	6.500	5.030	0.77		646	33.92		
F 7	80	20.28	20.31	320	56.17	55.89	49.51	0.43	0.42	0.38	12.9	8.866	6.864	0.77		745	39.11		
I 15	80	20.01	19.94	321	42.34	42.03	37.15	0.33	0.33	0.29	13.1	6.329	5.838	0.92		567	29.77		
A 29	80	20.21	20.25	320	52.73	52.21	46.10	0.40	0.40	0.35	13.3	8.227	6.735	0.82		682	35.81		
B 26	80	20.36	20.27	320	54.84	54.38	48.01	0.41	0.41	0.36	13.3	7.872	6.939	0.88		707	37.12		
B 27	80	20.34	20.37	321	52.47	52.07	45.91	0.39	0.39	0.35	13.4	7.592	4.832	0.64		687	36.07		
平均値	-	-	-	-	52.97	52.63	46.65	0.40	0.40	0.35	12.8	7.436	6.276	0.84	-	702	36.87	-	-
最大値	-	-	-	-	61.08	60.58	53.88	0.46	0.45	0.40	13.4	8.905	8.628	1.0	-	876	45.99	-	-
最小値	-	-	-	-	42.34	42.03	37.15	0.33	0.33	0.29	12.3	5.371	3.743	0.64	-	567	29.77	-	-
標準偏差	-	-	-	-	5.21	5.13	4.57	0.04	0.04	0.03	0.32	1.089	1.455	0.12	-	93	4.86	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	9.83	9.74	9.80	9.39	9.32	9.37	2.53	14.6	23.2	14.0	-	13.2	13.2	-	-

表 4-8 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 B（5%＜含水率  $W \leq 15\%$ ）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
B 5	95	20.36	20.41	320	60.61	59.94	53.58	0.46	0.45	0.40	11.9	8.375	6.434	0.77	0.73	647	33.97	0.44	0.59
B 12	95	20.24	20.39	321	58.07	57.48	51.29	0.44	0.43	0.39	12.1	8.510	6.858	0.81		632	33.18		
G 29	95	20.24	20.26	320	48.79	47.98	42.76	0.37	0.37	0.33	12.2	6.644	5.085	0.77		496	26.04		
E 22	95	20.26	20.35	320	55.85	55.29	49.21	0.42	0.42	0.37	12.4	7.963	5.741	0.72		547	28.72		
F 15	95	20.19	20.18	320	51.01	50.44	44.87	0.39	0.39	0.34	12.4	6.998	3.252	0.46		492	25.83		
C 12	95	20.21	20.65	321	58.53	57.99	51.58	0.44	0.43	0.39	12.4	7.041	7.478	1.1		621	32.60		
I 30	95	19.96	19.74	320	49.80	49.28	43.83	0.39	0.39	0.35	12.4	7.730	6.040	0.78		520	27.30		
G 8	95	20.41	20.50	320	55.67	55.19	49.08	0.42	0.41	0.37	12.4	8.372	5.341	0.64		603	31.66		
K 1	95	20.04	19.94	320	52.70	52.38	46.58	0.41	0.41	0.36	12.5	6.679	4.765	0.71		480	25.20		
I 17	95	19.70	19.88	320	48.73	48.3	42.95	0.39	0.39	0.34	12.5	6.626	5.959	0.90		527	27.67		
D 21	95	20.30	20.36	321	52.63	52.02	46.22	0.40	0.39	0.35	12.5	5.278	3.563	0.68		466	24.47		
F 19	95	20.35	20.35	320	60.98	60.46	53.71	0.46	0.46	0.40	12.6	9.312	7.411	0.80		672	35.28		
G 26	95	20.22	20.21	320	49.77	48.99	43.52	0.38	0.37	0.33	12.6	6.724	4.734	0.70		473	24.83		
I 22	95	20.05	19.89	320	41.61	41.23	36.59	0.33	0.32	0.29	12.7	6.290	5.265	0.84		430	22.58		
B 15	95	20.16	20.24	321	50.8	50.18	44.5	0.39	0.38	0.34	12.8	5.265	3.052	0.58		448	23.52		
A 4	95	19.50	19.60	321	52.16	51.91	45.7	0.43	0.42	0.37	13.6	6.864	5.437	0.79		465	24.41		
D 3	95	19.74	19.26	320	52.95	52.78	46.24	0.44	0.43	0.38	14.1	7.715	5.375	0.70		526	27.62		
平均値	-	-	-	-	52.98	52.46	46.60	0.41	0.40	0.36	12.6	7.199	5.399	0.75	-	532	27.93	-	-
最大値	-	-	-	-	60.98	60.46	53.71	0.46	0.46	0.40	14.1	9.312	7.478	1.1	-	672	35.28	-	-
最小値	-	-	-	-	41.61	41.23	36.59	0.33	0.32	0.29	11.9	5.265	3.052	0.46	-	430	22.58	-	-
標準偏差	-	-	-	-	4.93	4.92	4.42	0.03	0.03	0.03	0.54	1.108	1.296	0.13	-	76	3.97	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	9.31	9.37	9.49	8.26	8.40	8.39	4.25	15.4	24.0	17.4	-	14.2	14.2	-	-

表 4-9 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 C（15%＜含水率  $W \leq 30\%$ ）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
D 5	20	19.82	19.59	318	54.59	46.00	0.44	0.37	18.7	7.457	8.371	1.1	0.99	1,032	54.18	1.0	0.67
C 25	20	20.32	20.22	321	53.95	45.18	0.41	0.34	19.4	7.457	8.204	1.1		956	50.19		
A 11	20	19.95	20.21	320	49.83	41.68	0.39	0.32	19.6	6.860	7.208	1.1		930	48.83		
A 16	20	20.06	20.05	320	52.70	43.94	0.41	0.34	19.9	7.457	8.315	1.1		857	44.99		
D 20	20	20.94	20.02	321	51.46	42.76	0.38	0.32	20.3	8.167	7.811	1.0		895	46.99		
A 17	20	20.21	20.22	320	53.63	44.03	0.41	0.34	21.8	7.457	7.282	0.98		812	42.63		
A 18	20	20.20	19.63	320	60.10	49.20	0.47	0.39	22.2	7.457	9.132	1.2		972	51.03		
A 39	20	20.01	20.27	320	50.85	41.60	0.39	0.32	22.2	7.457	7.674	1.0		910	47.78		
B 33	20	20.48	20.51	320	55.43	45.33	0.41	0.34	22.3	6.352	6.340	1.0		962	50.51		
B 23	20	20.25	20.15	320	57.90	47.18	0.44	0.36	22.7	8.167	8.436	1.0		1,013	53.18		
A 21	20	20.07	20.24	319	59.72	48.55	0.46	0.37	23.0	8.575	9.356	1.1		1,121	58.85		
D 1	20	19.70	20.54	321	61.35	48.88	0.47	0.38	25.5	7.795	8.801	1.1		898	47.15		
A 32	20	19.98	20.11	320	58.46	46.36	0.45	0.36	26.1	8.167	8.460	1.0		992	52.08		
F 9	20	20.08	20.39	320	54.61	42.71	0.42	0.33	27.9	7.457	7.622	1.0		842	44.21		
G 1	20	20.39	20.22	321	58.26	45.23	0.44	0.34	28.8	7.146	8.458	1.2		887	46.57		
B 24	20	20.58	20.66	321	59.47	46.02	0.44	0.34	29.2	8.167	8.281	1.0		955	50.14		
F 8	20	20.43	20.28	320	56.73	43.72	0.43	0.33	29.8	7.795	7.061	0.91		845	44.36		
平均値	-	-	-	-	55.83	45.20	0.43	0.35	23.5	7.611	8.048	1.1	-	934	49.04	-	-

表 4-10 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 C（15%＜含水率 W≤30%）・50℃）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
C	35	50	20.39	20.19	321	47.88	47.84	40.99	0.36	0.36	0.31	16.7	5,659	5,618	0.99	726	38.12		
A	24	50	19.98	20.10	321	56.58	56.5	47.44	0.44	0.44	0.37	19.1	8,244	7,156	0.87	806	42.32		
A	25	50	19.89	20.21	321	55.82	55.72	46.37	0.43	0.43	0.36	20.2	8,788	8,128	0.92	850	44.63		
B	21	50	20.34	20.56	320	56.40	56.29	46.79	0.42	0.42	0.35	20.3	7,558	6,993	0.93	873	45.83		
B	8	50	20.29	20.51	320	56.95	56.78	47.12	0.43	0.43	0.35	20.5	8,021	7,993	1.0	832	43.68		
A	12	50	20.10	20.27	320	51.03	50.88	42.08	0.39	0.39	0.32	20.9	7,331	7,010	0.96	693	36.38		
B	20	50	20.49	20.56	320	57.30	57.13	47.05	0.42	0.42	0.35	21.4	6,932	6,831	0.99	798	41.90		
A	10	50	20.18	20.33	320	53.92	53.77	44.26	0.41	0.41	0.34	21.5	7,112	7,140	1.0	772	40.53		
F	4	50	20.36	20.58	320	59.10	58.72	48.23	0.44	0.44	0.36	21.7	6,985	7,748	1.1	821	43.10		
B	19	50	20.47	20.58	321	57.71	57.48	46.43	0.43	0.43	0.34	23.8	6,262	5,961	0.95	728	38.22		
B	7	50	20.51	20.58	320	61.14	60.96	49.08	0.45	0.45	0.36	24.2	7,191	7,585	1.1	781	41.00		
A	7	50	20.11	20.53	321	58.89	58.6	45.58	0.44	0.44	0.34	28.6	6,976	6,901	0.99	661	34.70		
C	20	50	20.09	20.30	320	60.63	60.38	46.41	0.46	0.46	0.36	30.1	8,116	7,005	0.86	687	36.07		
平均値	-	-	-	-	-	56.23	56.23	45.99	0.43	0.42	0.35	22.2	7,321	7,082	0.97	771	40.50	-	-
最大値	-	-	-	-	-	61.14	60.96	49.08	0.46	0.46	0.37	30.1	8,788	8,128	1.1	873	45.83	-	-
最小値	-	-	-	-	-	47.88	47.84	40.99	0.36	0.36	0.31	16.7	5,659	5,618	0.86	661	34.70	-	-
標準偏差	-	-	-	-	-	3.70	3.65	2.30	0.03	0.03	0.02	3.68	842	716	0.07	67	3.52	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	-	6.57	6.48	5.01	6.25	6.18	4.72	16.6	11.5	10.1	7.03	8.70	8.70	-	-

表 4-11 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 C（15%＜含水率 W≤30%）・80℃）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
A	15	80	19.96	20.32	320	50.90	50.55	42.26	0.39	0.39	0.33	19.6	6,842	5,682	0.83	510	26.78		
B	12	80	20.33	19.84	321	59.39	59.25	49.51	0.46	0.46	0.38	19.7	8,581	6,384	0.74	572	30.03		
D	4	80	19.64	19.83	320	55.11	54.94	45.80	0.44	0.44	0.37	20.0	7,367	6,111	0.83	547	28.72		
C	24	80	20.28	20.04	321	56.70	56.48	46.81	0.43	0.43	0.36	20.7	8,237	6,442	0.78	495	25.99		
B	10	80	20.40	20.61	320	62.30	61.76	51.16	0.46	0.46	0.38	20.7	9,056	6,720	0.74	586	30.77		
C	26	80	20.21	20.31	321	54.32	53.86	43.95	0.41	0.41	0.33	22.5	7,389	5,565	0.75	457	23.99		
C	21	80	20.19	20.24	321	58.11	57.92	47.22	0.44	0.44	0.36	22.7	8,739	6,604	0.76	550	28.88		
D	16	80	20.00	20.74	320	55.61	55.39	44.78	0.42	0.42	0.34	23.7	7,430	5,728	0.77	516	27.09		
D	6	80	20.03	20.40	320	59.96	59.5	47.97	0.46	0.46	0.37	24.0	7,655	5,528	0.72	443	23.26		
D	15	80	20.56	20.66	320	57.37	56.83	45.00	0.42	0.42	0.33	26.3	7,170	5,438	0.76	455	23.89		
D	9	80	19.36	20.16	320	52.80	52.72	41.37	0.42	0.42	0.33	27.4	5,460	4,094	0.75	365	19.16		
A	37	80	20.12	20.21	321	53.94	53.32	41.69	0.41	0.41	0.32	27.9	6,808	5,230	0.77	462	24.26		
A	13	80	20.32	20.28	321	60.84	60.12	46.86	0.46	0.45	0.35	28.3	7,939	5,131	0.65	415	21.79		
G	4	80	20.41	19.41	321	57.93	57.33	43.97	0.46	0.45	0.35	30.4	7,409	5,433	0.73	475	24.94		
平均値	-	-	-	-	-	56.81	56.43	45.60	0.44	0.43	0.35	23.8	7,577	5,721	0.76	489	25.68	-	-
最大値	-	-	-	-	-	62.30	61.76	51.16	0.46	0.46	0.38	30.4	9,056	6,720	0.83	586	30.77	-	-
最小値	-	-	-	-	-	50.90	50.55	41.37	0.39	0.39	0.32	19.6	5,460	4,094	0.65	365	19.16	-	-
標準偏差	-	-	-	-	-	3.23	3.17	2.89	0.02	0.02	0.02	3.63	921	699	0.04	62	3.28	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	-	5.69	5.62	6.33	5.14	5.13	5.86	15.2	12.2	12.2	5.92	12.8	12.8	-	-

表 4-12 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 C（15%＜含水率 W≤30%）・95℃）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
A	6	95	20.14	20.07	321	57.40	57.02	49.03	0.44	0.44	0.38	16.3	7,723	5,481	0.71	407	21.37		
D	12	95	19.42	19.78	321	52.85	52.47	44.71	0.43	0.43	0.36	17.4	6,841	4,891	0.71	411	21.58		
A	30	95	20.93	20.05	320	54.96	54.58	46.40	0.41	0.41	0.35	17.6	8,326	5,278	0.63	418	21.95		
F	2	95	20.37	20.02	320	57.10	56.67	48.11	0.44	0.43	0.37	17.8	7,105	4,900	0.69	422	22.16		
C	18	95	20.30	20.35	321	60.37	59.61	48.73	0.46	0.45	0.37	22.3	7,601	4,400	0.58	370	19.43		
G	3	95	20.01	20.55	320	56.67	56.01	45.43	0.43	0.43	0.35	23.3	7,480	4,738	0.63	387	20.32		
C	33	95	20.05	20.85	321	50.68	49.97	40.43	0.38	0.37	0.30	23.6	5,750	3,524	0.61	341	17.90		
F	3	95	20.22	20.32	320	65.05	64.16	50.56	0.49	0.49	0.38	26.9	8,371	4,417	0.53	403	21.16		
D	17	95	19.77	19.67	320	57.07	56.23	44.11	0.46	0.45	0.35	27.5	7,986	4,158	0.52	382	20.06		
B	22	95	20.52	20.55	321	61.36	60.24	46.53	0.46	0.45	0.34	29.5	7,347	4,198	0.57	395	20.74		
平均値	-	-	-	-	-	57.35	56.70	46.40	0.44	0.43	0.36	22.2	7,453	4,599	0.62	394	20.66	-	-
最大値	-	-	-	-	-	65.05	64.16	50.56	0.49	0.49	0.38	29.5	8,371	5,481	0.71	422	22.16	-	-
最小値	-	-	-	-	-	50.68	49.97	40.43	0.38	0.37	0.30	16.3	5,750	3,524	0.52	341	17.90	-	-
標準偏差	-	-	-	-	-	4.16	4.02	2.93	0.03	0.03	0.02	4.77	774	579	0.07	25	1.30	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	-	7.25	7.08	6.31	7.12	7.01	6.63	21.5	10.4	12.6	11.4	6.27	6.27	-	-

表 4-13 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 D（含水率 W＞30%）・常温）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
A 14	20	19.90	20.30	320	58.21	43.77	0.45	0.34	33.0	6,860	7,287	1.1	0.95	772	40.53	1.0	0.61
B 34	20	20.46	20.59	321	65.30	43.57	0.48	0.32	49.9	5,914	6,126	1.0		827	43.42		
A 8	20	20.40	20.40	320	69.06	44.96	0.52	0.34	53.6	7,423	7,279	0.98		842	44.21		
A 27	20	20.30	20.50	321	74.71	46.26	0.56	0.35	61.5	5,786	6,619	1.1		663	34.81		
C 1	20	20.40	20.00	320	85.96	52.68	0.66	0.40	63.2	8,379	8,432	1.0		887	46.57		
C 36	20	20.10	20.20	320	67.26	40.35	0.52	0.31	66.7	5,359	5,164	0.96		723	37.96		
B 36	20	20.70	21.00	321	71.78	42.80	0.52	0.31	67.7	6,927	7,106	1.0		855	44.89		
D 11	20	20.00	20.00	320	80.85	44.81	0.63	0.35	80.4	8,398	8,358	1.0		827	43.42		
D 13	20	20.10	20.10	321	84.13	43.83	0.65	0.34	91.9	7,667	7,430	0.97		715	37.54		
C 15	20	20.10	20.30	321	91.93	47.66	0.70	0.36	92.9	8,628	8,663	1.0		888	46.62		
F 7	20	19.90	20.00	320	79.40	41.13	0.62	0.32	93.0	6,696	6,657	0.99		756	39.69		
B 28	20	20.70	21.00	321	94.84	45.35	0.68	0.33	109	7,856	7,792	0.99		887	46.57		
B 5	20	20.50	21.00	320	119.25	56.44	0.87	0.41	111	9,368	10,210	1.1		1,085	56.96		
A 29	20	20.40	20.70	321	102.20	47.59	0.76	0.35	115	9,019	8,867	0.98		905	47.51		
D 18	20	19.90	20.00	320	97.55	44.96	0.77	0.35	117	8,443	8,221	0.97		830	43.58		
C 22	20	20.20	20.40	320	111.46	48.76	0.85	0.37	129	9,288	9,342	1.0		922	48.41		
C 16	20	20.30	20.40	321	115.11	49.42	0.87	0.37	133	8,771	9,191	1.0		947	49.72		
C 31	20	20.40	20.40	321	104.74	41.59	0.78	0.31	152	6,745	6,496	0.96		747	39.22		
平均値	—	—	—	—	87.43	45.89	0.66	0.35	90.0	7,640	7,736	1.0	—	838	43.98	—	—
最大値	—	—	—	—	119.25	56.44	0.87	0.41	152	9,368	10,210	1.1	—	1,085	56.96	—	—
最小値	—	—	—	—	58.21	40.35	0.45	0.31	33.0	5,359	5,164	0.96	—	663	34.81	—	—
標準偏差	—	—	—	—	18.26	4.08	0.13	0.03	32.7	1,240	1,286	0.05	—	100	5.26	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	20.9	8.89	20.3	8.48	36.4	16.2	16.6	4.73	—	12.0	12.0	—	—

表 4-14 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 D（含水率 W＞30%）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比		
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)							破壊 (高温時)	
A	22	50	20.30	20.50	321	68.61	67.94	49.59	0.51	0.51	0.37	37.0	8,091	7,294	0.90	892	46.83	0.86	0.85	0.59
C	32	50	20.40	20.23	320	60.01	59.75	42.91	0.45	0.45	0.32	39.2	6,996	6,065	0.87	637	33.44			
F	12	50	20.44	20.71	320	61.44	61.05	43.51	0.45	0.45	0.32	40.3	7,256	6,198	0.85	627	32.92			
A	19	50	20.40	20.60	320	72.36	71.93	49.98	0.54	0.53	0.37	43.9	8,662	8,225	0.95	802	42.11			
D	7	50	20.30	20.60	320	79.73	79.14	45.82	0.60	0.59	0.34	72.7	6,715	6,244	0.93	660	34.65			
C	28	50	20.30	20.80	321	75.18	74.49	42.84	0.55	0.55	0.32	73.9	5,590	6,240	1.1	536	28.14			
G	7	50	20.60	20.30	322	84.71	84.19	46.54	0.63	0.63	0.35	80.9	7,133	6,638	0.93	747	39.22			
D	8	50	20.80	20.80	321	89.83	89.24	48.74	0.65	0.64	0.35	83.1	7,327	7,084	0.97	752	39.48			
B	13	50	20.60	20.80	320	96.49	95.21	51.62	0.70	0.69	0.38	84.4	8,647	6,666	0.77	855	44.89			
A	40	50	20.40	20.40	320	81.55	80.62	43.14	0.61	0.61	0.32	86.9	5,752	5,884	1.0	690	36.23			
F	11	50	20.50	20.60	321	86.04	85.21	42.60	0.64	0.63	0.31	100	6,505	6,591	1.0	556	29.19			
C	19	50	20.40	20.50	321	98.21	97.67	46.78	0.73	0.73	0.35	109	7,464	7,140	0.96	697	36.59			
F	5	50	20.70	20.60	320	104.93	104.2	47.35	0.77	0.76	0.35	120	8,165	6,952	0.85	770	40.43			
B	26	50	20.70	21.00	320	113.02	111.9	50.02	0.81	0.80	0.36	124	6,720	6,560	0.98	770	40.43			
C	34	50	20.30	20.60	321	102.71	102.09	41.3	0.77	0.76	0.31	147	5,524	5,516	1.0	673	35.33			
C	12	50	20.30	20.30	321	127.46	126.58	49.75	0.97	0.96	0.38	154	6,815	7,268	1.1	745	39.11			
C	13	50	20.40	20.70	321	126.26	125.34	48.04	0.93	0.92	0.35	161	7,054	6,966	0.99	686	36.02			
平均値		-	-	-	-	89.91	89.21	46.50	0.67	0.66	0.34	91.6	7,083	6,678	0.95	-	711	37.35	-	-
最大値		-	-	-	-	127.46	126.58	51.62	0.97	0.96	0.38	161	8,662	8,225	1.1	-	892	46.83	-	-
最小値		-	-	-	-	60.01	59.75	41.30	0.45	0.45	0.31	37.0	5,524	5,516	0.77	-	536	28.14	-	-
標準偏差		-	-	-	-	20.41	20.25	3.24	0.15	0.15	0.02	40.0	951	645	0.09	-	95	5.00	-	-
変動係数[%]		-	-	-	-	22.7	22.7	6.97	22.5	22.6	6.61	43.7	13.4	9.65	8.97	-	13.4	13.4	-	-

表 4-15 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 D（含水率 W＞30%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)							破壊 (高温時)
D 14	80	19.96	20.04	320	57.59	57.18	42.83	0.45	0.45	0.33	33.5	6,650	4,433	0.67	0.62	383	20.11	0.52	0.46
F 1	80	20.40	20.38	321	76.55	75.98	48.09	0.57	0.57	0.36	58.0	6,561	4,963	0.76		477	25.04		
D 2	80	20.02	20.04	322	72.84	71.88	45.30	0.56	0.56	0.35	58.7	7,599	4,823	0.63		420	22.05		
A 41	80	20.43	20.34	321	71.42	72.81	43.60	0.54	0.55	0.33	67.0	6,901	3,959	0.57		338	17.75		
A 26	80	20.34	20.45	322	81.46	80.62	45.75	0.61	0.60	0.34	76.2	8,146	5,302	0.65		450	23.63		
B 1	80	20.85	20.76	321	90.97	89.5	49.88	0.65	0.64	0.36	79.4	8,178	4,489	0.55		415	21.79		
B 30	80	20.70	20.80	321	86.79	85.28	45.69	0.63	0.62	0.33	86.6	7,348	4,435	0.60		477	25.04		
A 42	80	20.48	20.32	322	81.10	79.54	42.29	0.61	0.59	0.32	88.1	6,348	4,714	0.74		431	22.63		
A 34	80	20.38	20.29	321	85.38	84.19	44.52	0.64	0.64	0.34	89.1	6,693	4,739	0.71		426	22.37		
A 36	80	20.41	20.35	322	89.62	88.43	42.54	0.67	0.66	0.32	108	6,619	4,337	0.66		380	19.95		
C 30	80	20.40	20.35	322	97.02	95.74	43.87	0.73	0.72	0.33	118	5,834	3,798	0.65		372	19.53		
B 2	80	20.50	20.80	320	113.82	112.12	50.44	0.83	0.82	0.37	122	9,088	5,623	0.62		467	24.52		
C 6	80	20.31	20.43	321	114.55	112.91	50.72	0.86	0.85	0.38	123	8,063	4,993	0.62		447	23.47		
B 35	80	20.69	20.68	321	103.88	102.44	44.39	0.76	0.75	0.32	131	6,549	4,571	0.70		446	23.42		
B 3	80	20.45	20.63	321	129.88	128.05	54.31	0.96	0.95	0.40	136	8,903	6,826	0.77		591	31.03		
B 29	80	21.10	20.60	321	105.41	103.09	36.75	0.76	0.74	0.26	181	7,754	5,292	0.68	497	26.09			
平均値	—	—	—	—	91.14	89.99	45.69	0.68	0.67	0.34	97.2	7,327	4,831	0.66	—	439	23.02	—	—
最大値	—	—	—	—	129.88	128.05	54.31	0.96	0.95	0.40	181	9,088	6,826	0.77	—	591	31.03	—	—
最小値	—	—	—	—	57.59	57.18	36.75	0.45	0.45	0.26	33.5	5,834	3,798	0.55	—	338	17.75	—	—
標準偏差	—	—	—	—	18.75	18.21	4.21	0.13	0.13	0.03	36.87	956	715	0.06	—	59	3.12	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	20.58	20.24	9.217	19.50	19.17	9.213	37.9	13.0	14.8	9.48	—	13.5	13.5	—	—

表 4-16 実験結果詳細一覧（スギ・試験体群 D（含水率 W>30%）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比		
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)							破壊 (高温時)	
B	27	95	20.59	20.43	321	62.23	61.44	45.81	0.46	0.46	0.34	34.1	6.842	2.889	0.42	0.47	331	17.38	0.40	0.37
G	6	95	20.28	20.08	322	61.60	60.51	44.99	0.47	0.46	0.34	34.5	6.266	3.537	0.56		342	17.96		
A	38	95	20.15	20.30	320	58.77	57.86	41.82	0.45	0.44	0.32	38.4	6.467	3.324	0.51		336	17.64		
A	23	95	20.30	20.40	321	68.99	67.51	48.57	0.52	0.51	0.37	39.0	5.927	3.934	0.66		307	16.12		
A	1	95	20.31	20.17	321	73.96	72.22	45.75	0.56	0.55	0.35	57.9	5.491	2.358	0.43		216	11.34		
A	31	95	20.25	20.26	321	81.61	79.09	47.84	0.62	0.60	0.36	65.3	7.586	3.931	0.52		387	20.32		
A	28	95	20.33	20.40	321	80.68	78.72	46.41	0.61	0.59	0.35	69.6	6.061	3.256	0.54		335	17.59		
D	10	95	20.04	19.97	322	85.56	83.4	45.78	0.66	0.65	0.36	82.2	4.538	3.774	0.83		318	16.70		
C	7	95	20.41	20.46	321	105.11	102.79	50.81	0.78	0.77	0.38	102	5.722	3.500	0.61		356	18.69		
C	29	95	20.40	20.32	322	89.67	87.99	43.04	0.67	0.66	0.32	104	5.488	3.732	0.68		301	15.80		
A	35	95	20.40	20.29	322	90.48	86.77	42.40	0.68	0.65	0.32	105	5.151	3.848	0.75		307	16.12		
B	25	95	20.75	20.72	321	97.05	94.97	46.17	0.70	0.69	0.33	106	4.367	2.543	0.58		328	17.22		
B	4	95	20.38	20.35	321	127.21	124.77	55.91	0.96	0.94	0.42	123	6.670	4.630	0.69		462	24.26		
C	27	95	20.44	20.32	322	96.75	95.08	42.07	0.72	0.71	0.32	126	5.583	3.341	0.60		346	18.17		
D	19	95	19.94	20.10	321	103.52	100.4	43.22	0.80	0.78	0.34	132	6.040	3.917	0.65		338	17.75		
C	23	95	20.37	20.33	322	114	111.55	47.78	0.86	0.84	0.36	133	4.740	3.336	0.70		371	19.48		
C	14	95	20.43	20.38	322	114.32	110.34	46.72	0.85	0.82	0.35	136	6.968	3.610	0.52		328	17.22		
C	5	95	20.23	20.38	321	121.66	119.14	48.28	0.92	0.90	0.37	147	6.583	3.291	0.50		321	16.85		
平均値	-	-	-	-	-	90.73	88.59	46.30	0.68	0.67	0.35	90.9	5.916	3.486	0.60	-	335	17.59	-	-
最大値	-	-	-	-	-	127.21	124.77	55.91	0.96	0.94	0.42	147	7.586	4.630	0.83	-	462	24.26	-	-
最小値	-	-	-	-	-	58.77	57.86	41.82	0.45	0.44	0.32	34.1	4.367	2.358	0.42	-	216	11.34	-	-
標準偏差	-	-	-	-	-	20.98	20.39	3.45	0.16	0.15	0.03	39.0	875	535	0.11	-	47	2.49	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	-	23.1	23.0	7.45	22.9	22.8	7.31	42.9	14.8	15.3	18.4	-	14.2	14.2	-	-

カラマツ：試験体群 A（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 B（常温、50℃、80℃、95℃）  
試験体群 C（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 D（常温、50℃、80℃、95℃）

表 4-17 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
カ 4 A 6	20	19.34	18.59	319	55.42	53.86	0.48	0.47	2.90	8,295	8,731	1.1	1.0	1,797	94.34	1.0	1.0
カ 3 A 10	20	19.09	18.47	320	63.88	62.07	0.57	0.55	2.92	9,323	9,819	1.1		2,371	124.5		
カ 1 C 11	20	19.27	18.60	320	63.26	61.46	0.55	0.54	2.93	9,129	9,679	1.1		2,166	113.7		
カ 4 F 1	20	19.28	18.49	320	68.80	66.82	0.60	0.59	2.96	10,340	10,900	1.1		2,521	132.4		
カ 3 E 1	20	19.28	18.58	320	72.75	70.60	0.63	0.62	3.05	10,400	10,750	1.0		2,585	135.7		
カ 4 B 10	20	19.05	18.67	320	63.18	61.31	0.56	0.54	3.05	8,728	9,009	1.0		1,796	94.29		
カ 3 B 2	20	18.99	19.25	320	58.41	56.67	0.50	0.49	3.07	9,107	9,402	1.0		1,928	101.2		
カ 1 B 6	20	19.22	18.35	320	63.84	61.93	0.57	0.55	3.08	9,689	9,876	1.0		2,211	116.1		
カ 1 A 8	20	19.22	18.33	320	64.98	63.03	0.58	0.56	3.09	9,723	10,250	1.1		2,501	131.3		
カ 6 A 11	20	19.21	18.80	320	59.99	58.16	0.52	0.50	3.15	9,035	9,600	1.1		2,040	107.1		
カ 6 B 8	20	19.18	18.83	320	59.47	57.64	0.51	0.50	3.17	9,335	9,485	1.0		1,837	96.44		
カ 6 A 1	20	19.13	18.41	320	76.29	73.88	0.68	0.66	3.26	10,440	10,970	1.1		2,618	137.4		
カ 6 D 6	20	19.95	19.82	320	65.15	61.82	0.51	0.49	5.39	8,973	9,061	1.0		1,980	104.0		
平均値	—	—	—	—	64.26	62.25	0.56	0.54	3.23	9,424	9,810	1.0	—	2,181	114.5	—	—
最大値	—	—	—	—	76.29	73.88	0.68	0.66	5.39	10,440	10,970	1.1	—	2,618	137.4	—	—
最小値	—	—	—	—	55.42	53.86	0.48	0.47	2.90	8,295	8,731	1.0	—	1,796	94.29	—	—
標準偏差	—	—	—	—	5.74	5.54	0.06	0.05	0.66	665	725	0.02	—	309	16.2	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	8.93	8.89	9.91	10.0	20.3	7.05	7.40	1.72	—	14.2	14.2	—	—

表 4-18 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)							破壊 (高温時)
カ 4 D 4	50	19.41	18.87	320	76.88	76.56	74.68	0.66	0.65	0.64	2.52	10,840	10,590	0.98	1.0	2,338	122.7	0.96	1.0
カ 4 D 8	50	20.00	20.00	320	76.63	76.61	74.65	0.60	0.60	0.58	2.63	10,240	10,900	1.1		2,590	136.0		
カ 6 A 7	50	19.36	18.55	320	76.65	76.62	74.63	0.67	0.67	0.65	2.67	9,675	10,060	1.0		2,121	111.4		
カ 6 A 12	50	19.05	18.72	320	57.90	57.8	56.28	0.51	0.51	0.49	2.70	8,513	8,715	1.0		1,891	99.28		
カ 1 C 8	50	19.10	18.14	320	58.95	58.87	57.29	0.53	0.53	0.52	2.76	7,839	7,298	0.93		1,902	99.86		
カ 4 A 11	50	19.35	18.78	320	65.78	65.78	64.01	0.57	0.57	0.55	2.77	9,630	11,790	1.2		1,857	97.49		
カ 3 C 1	50	19.29	18.68	320	72.14	72.13	70.17	0.63	0.63	0.61	2.79	10,440	11,180	1.1		2,028	106.5		
カ 1 B 3	50	19.63	18.51	320	62.60	62.55	60.85	0.54	0.54	0.52	2.79	8,936	8,992	1.0		1,852	97.23		
カ 3 E 2	50	19.28	18.47	320	72.96	72.92	70.93	0.64	0.64	0.62	2.81	10,700	11,030	1.0		2,396	125.8		
カ 1 A 4	50	19.08	18.54	320	62.36	62.34	60.60	0.55	0.55	0.54	2.87	8,820	10,290	1.2		1,945	102.1		
カ 1 H 4	50	19.30	18.46	320	63.28	63.27	61.50	0.56	0.55	0.54	2.88	9,075	8,906	0.98		2,223	116.7		
カ 6 D 10	50	19.62	18.53	320	62.14	62.14	60.40	0.53	0.53	0.52	2.88	9,296	9,193	0.99		2,082	109.3		
カ 6 B 3	50	19.89	19.92	321	66.71	66.76	63.35	0.52	0.52	0.50	5.38	8,598	8,802	1.0		1,907	100.1		
平均値	—	—	—	—	67.31	67.26	65.33	0.58	0.58	0.56	2.96	9,431	9,827	1.0	—	2,087	109.6	—	—
最大値	—	—	—	—	76.88	76.62	74.68	0.67	0.67	0.65	5.38	10,840	11,790	1.2	—	2,590	136.0	—	—
最小値	—	—	—	—	57.90	57.80	56.28	0.51	0.51	0.49	2.52	7,839	7,298	0.93	—	1,852	97.23	—	—
標準偏差	—	—	—	—	6.90	6.88	6.77	0.05	0.05	0.05	0.74	922	1,283	0.08	—	236	12.4	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	10.3	10.2	10.35	9.40	9.36	9.63	24.9	9.78	13.1	7.61	—	11.3	11.3	—	—

表 4-19 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 2 G 6	80	20.02	19.68	321	72.65	72.15	69.47	0.58	0.57	0.55	3.86	8,849	7,858	0.89	1.0	1,427	74.92	0.70	1.0
カ 3 C 8	80	20.03	20.05	320	66.62	66.24	63.76	0.52	0.52	0.50	3.89	9,973	9,298	0.93		1,666	87.47		
カ 7 B 1	80	19.96	19.95	320	63.54	63.25	60.86	0.50	0.50	0.48	3.93	9,794	8,985	0.92		1,500	78.75		
カ 6 D 13	80	19.96	19.94	320	68.62	68.28	65.65	0.54	0.54	0.52	4.01	10,090	9,647	0.96		1,487	78.07		
カ 4 D 3	80	19.92	19.97	320	73.35	73.00	70.16	0.58	0.57	0.55	4.05	9,325	8,814	0.95		1,521	79.85		
カ 4 A 9	80	19.81	19.93	320	66.94	66.60	63.99	0.53	0.53	0.51	4.08	10,070	9,164	0.91		1,423	74.71		
カ 7 E 5	80	19.98	19.80	320	67.22	66.98	64.35	0.53	0.53	0.51	4.09	9,274	8,777	0.95		1,580	82.95		
カ 0 Z 1	80	19.74	19.92	320	76.49	76.05	73.05	0.61	0.60	0.58	4.11	10,450	9,280	0.89		1,548	81.27		
カ 4 B 6	80	19.97	19.77	320	72.84	72.50	69.64	0.58	0.57	0.55	4.11	9,446	8,338	0.88		1,465	76.91		
カ 6 D 8	80	19.95	19.85	320	73.08	72.61	69.74	0.58	0.57	0.55	4.12	10,200	9,381	0.92		1,673	87.83		
カ 8 G 5	80	19.97	19.83	320	76.04	75.72	72.72	0.60	0.60	0.57	4.13	10,190	9,438	0.93		1,632	85.68		
カ 6 G 4	80	20.06	19.90	320	70.95	70.64	67.81	0.56	0.55	0.53	4.17	9,177	8,101	0.88		1,423	74.71		
カ 3 B 5	80	19.96	19.96	320	72.74	72.42	69.49	0.57	0.57	0.55	4.22	11,260	10,090	0.90		1,543	81.01		
カ 7 B 3	80	19.99	19.86	320	67.92	67.66	64.89	0.53	0.53	0.51	4.27	10,320	9,692	0.94		1,372	72.03		
カ 3 A 1	80	20	19.86	321	74.23	73.91	70.87	0.58	0.58	0.56	4.29	10,120	9,256	0.91		1,526	80.12		
平均値	—	—	—	—	70.88	70.53	67.76	0.56	0.56	0.53	4.09	9,903	9,075	0.92	—	1,519	79.75	—	—
最大値	—	—	—	—	76.49	76.05	73.05	0.61	0.60	0.58	4.29	11,260	10,090	0.96	—	1,673	87.83	—	—
最小値	—	—	—	—	63.54	63.25	60.86	0.50	0.50	0.48	3.86	8,849	7,858	0.88	—	1,372	72.03	—	—
標準偏差	—	—	—	—	3.83	3.80	3.62	0.03	0.03	0.03	0.13	609	611	0.02	—	91	4.78	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	5.41	5.39	5.34	5.64	5.62	5.58	3.11	6.15	6.74	2.69	—	5.99	5.99	—	—



表 4-20 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・95℃）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 2 G 1	95	19.96	19.88	320	67.83	67.26	64.92	0.53	0.53	0.51	3.60	8,127	7,316	0.90	1.00	1,272	66.78	0.59	1.00
カ 3 H 5	95	19.93	19.85	320	68.46	68.00	65.58	0.54	0.54	0.52	3.69	10,240	8,616	0.84		1,392	73.08		
カ 3 C 14	95	19.92	20.05	320	72.85	72.28	69.66	0.57	0.55	0.53	3.76	10,420	9,418	0.90		1,317	69.14		
カ 4 G 2	95	19.81	19.90	320	69.21	68.76	66.25	0.55	0.55	0.53	3.79	8,923	7,563	0.85		1,197	62.84		
カ 5 C 16	95	20.01	19.99	320	66.80	66.35	63.90	0.52	0.52	0.50	3.83	10,160	8,920	0.88		1,262	66.26		
カ 7 C 7	95	19.90	19.93	320	67.62	67.23	64.71	0.53	0.53	0.51	3.89	10,650	9,961	0.94		1,421	74.60		
カ 7 C 10	95	19.92	19.70	320	67.84	67.43	64.88	0.54	0.54	0.52	3.93	9,934	9,024	0.91		1,375	72.19		
カ 7 B 4	95	19.82	19.92	320	68.43	68.01	65.43	0.54	0.54	0.52	3.94	10,120	8,969	0.89		1,260	66.15		
カ 0 Z 2	95	20.07	19.95	320	69.76	69.43	66.76	0.54	0.54	0.52	4.00	10,450	8,724	0.83		1,258	66.05		
カ 3 A 2	95	19.94	19.96	320	69.02	68.54	65.90	0.54	0.54	0.52	4.01	10,850	9,130	0.84		1,328	69.72		
カ 3 H 1	95	19.94	19.90	320	73.74	73.28	70.37	0.58	0.56	0.54	4.14	10,830	9,004	0.83		1,267	66.52		
カ 3 E 3	95	20.05	19.85	320	70.65	70.21	67.41	0.55	0.55	0.53	4.15	10,510	8,951	0.85		1,305	68.51		
カ 7 B 12	95	19.96	19.85	320	74.87	74.40	71.40	0.60	0.59	0.57	4.20	10,350	8,657	0.84		1,183	62.11		
平均値	-	-	-	-	69.78	69.32	66.71	0.55	0.55	0.53	3.92	10,120	8,789	0.87	-	1,295	68.00	-	-
最大値	-	-	-	-	74.87	74.40	71.40	0.60	0.59	0.57	4.20	10,850	9,961	0.94	-	1,421	74.60	-	-
最小値	-	-	-	-	66.80	66.35	63.90	0.52	0.52	0.50	3.60	8,127	7,316	0.83	-	1,183	62.11	-	-
標準偏差	-	-	-	-	2.54	2.52	2.36	0.02	0.02	0.02	0.18	773	694	0.03	-	71	3.73	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	3.64	3.64	3.54	3.79	3.79	3.69	4.64	7.64	7.90	3.99	-	5.48	5.48	-	-

表 4-21 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 B（5%＜含水率  $W \leq 15\%$ ）・常温）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
カ 6 D 7	20	19.90	19.87	320	67.93	64.24	0.54	0.51	5.74	11,150	11,300	1.0	1.1	2,316	121.6	1.0	0.86
カ 6 B 4	20	19.99	19.93	320	66.75	63.10	0.52	0.49	5.78	9,685	9,987	1.0		2,173	114.1		
カ 6 D 11	20	20.05	19.90	320	69.07	65.26	0.54	0.51	5.84	11,180	11,300	1.0		2,315	121.5		
カ 3 C 7	20	20.17	20.08	320	68.33	64.56	0.53	0.50	5.84	10,160	10,620	1.0		2,165	113.7		
カ 8 F 6	20	19.78	19.80	321	67.82	64.04	0.54	0.51	5.90	10,060	10,380	1.0		2,222	116.7		
カ 8 B 4	20	19.66	19.88	320	70.34	66.38	0.56	0.53	5.97	10,550	10,770	1.0		2,071	108.7		
カ 2 D 2	20	19.90	20.01	320	71.65	67.50	0.56	0.53	6.15	11,200	11,330	1.0		2,386	125.3		
カ 5 B 11	20	20.15	19.91	320	71.65	67.49	0.56	0.53	6.16	10,780	10,920	1.0		2,367	124.3		
カ 4 B 11	20	19.74	19.76	320	73.77	69.40	0.59	0.56	6.30	11,100	11,520	1.0		2,435	127.8		
カ 1 C 9	20	20.00	19.67	320	68.22	64.16	0.54	0.51	6.33	9,556	9,670	1.0		2,040	107.1		
カ 8 A 7	20	19.88	19.83	320	77.37	72.58	0.61	0.58	6.60	10,390	10,840	1.0		2,508	131.7		
カ 7 B 5	20	19.72	19.82	320	71.50	67.03	0.57	0.54	6.67	9,702	9,717	1.0		1,973	103.6		
カ 3 A 7	20	20.01	19.75	320	73.59	68.97	0.58	0.55	6.70	10,850	10,960	1.0		2,313	121.4		
カ 6 B 6	20	19.91	19.95	321	73.63	68.91	0.58	0.54	6.85	9,635	9,689	1.0		2,115	111.0		
カ 2 D 12	20	19.96	19.87	320	71.89	66.91	0.57	0.53	7.44	8,810	9,245	1.0		1,438	75.50		
カ 4 G 1	20	19.95	19.92	320	76.76	69.04	0.60	0.54	11.2	9,472	10,520	1.1		1,897	99.59		
カ 4 A 1	20	19.80	19.85	320	78.53	69.98	0.62	0.56	12.2	10,780	11,050	1.0		1,798	94.40		
カ 0 Z 3	20	19.83	19.95	320	72.6	64.42	0.57	0.51	12.7	11,190	11,580	1.0		1,617	84.89		
カ 1 H 3	20	19.74	19.66	320	75.18	66.64	0.61	0.54	12.8	10,480	10,650	1.0		1,701	89.30		
カ 1 C 15	20	19.71	19.66	320	69.58	61.6	0.56	0.50	13.0	9,762	10,160	1.0		1,495	78.49		
カ 7 E 6	20	19.88	20.07	320	75.51	66.83	0.59	0.52	13.0	10,900	10,930	1.0		1,687	88.57		
カ 8 D 12	20	19.91	19.67	320	76.22	67.41	0.61	0.54	13.1	9,587	9,963	1.0		1,736	91.14		
カ 4 A 3	20	19.79	19.92	320	70.85	62.52	0.56	0.50	13.3	10,420	10,520	1.0		1,480	77.70		
カ 8 D 4	20	19.91	19.71	320	75.33	66.44	0.60	0.53	13.4	10,170	10,400	1.0		1,526	80.12		
カ 7 B 11	20	19.55	19.49	320	77.45	68.18	0.64	0.56	13.6	10,180	10,200	1.0		1,503	78.91		
カ 7 C 16	20	19.82	19.80	320	74.59	65.65	0.59	0.52	13.6	10,870	11,210	1.0		1,612	84.63		
カ 4 D 5	20	20.08	20.42	321	76.42	67.24	0.58	0.51	13.7	11,220	11,290	1.0		1,582	83.06		
カ 5 C 9	20	19.70	19.84	320	79.14	69.62	0.63	0.56	13.7	9,686	9,713	1.0		1,708	89.67		
カ 5 C 4	20	20.01	19.94	321	76.37	67.18	0.60	0.53	13.7	11,230	11,180	1.0		1,597	83.84		
カ 5 C 10	20	20.04	19.80	321	75.73	66.43	0.59	0.52	14.0	10,110	10,180	1.0		1,517	79.64		
カ 6 G 6	20	19.98	19.86	320	78.14	68.50	0.62	0.54	14.1	11,810	11,980	1.0		1,695	88.99		
カ 7 A 4	20	19.95	19.82	320	72.24	63.27	0.57	0.50	14.2	9,706	9,974	1.0		1,402	73.61		
カ 8 A 9	20	20.00	20.00	320	76.30	66.18	0.60	0.52	15.3	11,000	12,220	1.1		1,742	91.46		
カ 7 A 3	20	20.00	20.00	320	73.34	63.55	0.57	0.50	15.4	8,382	10,690	1.3		1,477	77.54		
平均値	-	-	-	-	73.35	66.51	0.58	0.53	10.3	10,346	10,666	1.0	-	1,871	98.22	-	-
最大値	-	-	-	-	79.14	72.58	0.64	0.58	15.4	11,810	12,220	1.3	-	2,508	131.7	-	-
最小値	-	-	-	-	66.75	61.60	0.52	0.49	5.74	8,382	9,245	1.0	-	1,402	73.61	-	-
標準偏差	-	-	-	-	3.48	2.43	0.03	0.02	3.70	773	706	0.05	-	346	18.2	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	4.74	3.65	5.07	4.01	35.9	7.47	6.61	4.86	-	18.5	18.5	-	-

表 4-22 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 B（5%＜含水率 W≤15%）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 4 D 1	50	19.84	19.95	320	69.41	69.42	65.76	0.55	0.55	0.52	5.57	10,790	11,160	1.0	0.93	1,928	101.2	0.83	0.75
カ 8 D 1	50	19.91	19.86	319	68.73	68.81	65.15	0.54	0.55	0.52	5.62	10,200	10,160	1.0		1,927	101.2		
カ 3 D 8	50	19.77	19.84	320	69.20	69.19	65.50	0.55	0.55	0.52	5.63	9,300	9,404	1.0		1,342	70.46		
カ 1 A 3	50	19.79	19.60	320	66.22	66.15	62.57	0.53	0.53	0.50	5.72	10,300	10,490	1.0		1,857	97.49		
カ 1 D 14	50	19.93	19.75	320	67.30	67.26	63.61	0.53	0.53	0.51	5.74	8,024	7,742	0.96		1,697	89.09		
カ 7 C 2	50	19.91	19.85	319	66.86	66.91	63.26	0.53	0.53	0.50	5.77	10,120	10,450	1.0		1,881	98.75		
カ 4 B 12	50	20.04	19.82	320	74.05	73.98	69.91	0.58	0.58	0.55	5.82	9,281	9,311	1.0		1,972	103.5		
カ 2 F 5	50	19.89	19.85	320	70.32	70.30	66.34	0.56	0.56	0.53	5.97	10,230	10,480	1.0		1,998	104.9		
カ 4 D 7	50	20.18	19.98	319	73.70	73.70	69.49	0.57	0.57	0.54	6.06	9,709	10,040	1.0		1,946	102.2		
カ 6 A 8	50	19.85	19.82	320	69.77	69.81	65.81	0.55	0.55	0.52	6.08	10,990	11,090	1.0		2,043	107.3		
カ 1 E 2	50	19.95	19.68	320	67.92	67.91	63.97	0.54	0.54	0.51	6.16	10,470	10,400	0.99		1,850	97.13		
カ 3 B 11	50	20.01	19.87	320	74.36	74.33	69.86	0.58	0.58	0.55	6.40	11,060	11,300	1.0		2,041	107.2		
カ 5 A 2	50	19.70	19.75	320	69.67	69.69	65.45	0.56	0.56	0.53	6.48	10,280	10,320	1.0		1,872	98.28		
カ 7 C 9	50	19.69	19.64	320	75.44	75.47	70.78	0.61	0.61	0.57	6.63	9,159	9,146	1.0		1,808	94.92		
カ 3 H 3	50	20.02	20.11	320	73.51	73.55	67.89	0.57	0.57	0.53	8.34	11,280	10,520	0.93		2,027	106.4		
カ 1 C 3	50	19.83	19.83	320	72.26	72.28	66.1	0.57	0.57	0.53	9.35	10,183	4,859	0.48		1,697	89.09		
カ 3 H 2	50	20.00	19.80	320	76.28	76.26	68.35	0.60	0.60	0.54	11.6	8,750	5,842	0.67		1,647	86.47		
カ 3 B 6	50	20.06	19.98	320	77.79	77.72	69.29	0.61	0.61	0.54	12.2	9,802	6,362	0.65		1,487	78.07		
カ 0 Z 5	50	20.04	19.89	320	78.18	78.10	69.31	0.61	0.61	0.54	12.7	9,149	8,422	0.92		1,381	72.50		
カ 1 A 2	50	19.44	19.81	320	68.94	68.91	61.03	0.56	0.56	0.50	12.9	9,479	7,879	0.83		1,207	63.37		
カ 5 A 7	50	20.06	19.98	320	80.12	80.05	70.88	0.62	0.62	0.55	12.9	10,110	9,063	0.90		1,311	68.83		
カ 7 C 14	50	19.83	19.73	320	72.69	72.66	64.23	0.58	0.58	0.51	13.1	8,896	8,580	0.96		1,177	61.79		
カ 1 C 13	50	19.84	19.86	320	71.63	71.60	63.22	0.57	0.57	0.50	13.3	9,742	8,969	0.92		1,167	61.27		
カ 5 C 12	50	20.09	20.03	319	71.73	71.68	63.27	0.56	0.56	0.49	13.3	9,703	9,923	1.0		1,357	71.24		
カ 5 A 3	50	19.96	20.03	319	73.27	73.21	64.53	0.57	0.57	0.51	13.5	9,185	8,704	0.95		1,286	67.52		
カ 2 B 12	50	20.00	19.79	320	78.41	78.33	68.97	0.62	0.62	0.54	13.6	5,948	6,397	1.1		1,182	62.06		
カ 8 D 13	50	19.92	19.88	319	75.49	75.37	66.34	0.60	0.60	0.53	13.6	11,350	10,740	0.95		1,267	66.52		
カ 2 A 2	50	19.84	19.69	320	71.26	71.30	62.74	0.57	0.57	0.50	13.6	9,887	8,395	0.85		1,150	60.38		
カ 5 A 5	50	20.07	20.10	319	71.78	71.71	63.09	0.56	0.56	0.49	13.7	9,773	9,324	0.95		1,212	63.63		
カ 7 H 6	50	20.08	19.84	320	76.83	76.80	67.43	0.60	0.60	0.53	13.9	9,017	9,519	1.1		1,313	68.93		
カ 8 B 6	50	20.00	20.00	320	76.80	79.25	69.56	0.60	0.62	0.54	13.9	6,981	7,965	1.1		1,322	69.41		
カ 8 D 11	50	19.93	19.91	320	77.97	77.94	68.37	0.61	0.61	0.54	14.0	10,450	10,470	1.0		1,396	73.29		
カ 7 E 3	50	19.87	19.79	319	77.03	76.99	67.53	0.61	0.61	0.54	14.0	9,853	9,253	0.94		1,260	66.15		
カ 8 A 2	50	19.84	19.80	320	73.42	73.40	64.22	0.58	0.58	0.51	14.3	8,726	9,542	1.1		1,303	68.41		
カ 8 C 7	50	20.00	20.00	320	71.10	72.56	62.92	0.56	0.57	0.49	15.3	9,743	9,161	0.94		1,247	65.47		
平均値	—	—	—	—	72.84	72.93	66.19	0.58	0.58	0.52	10.2	9,655	9,182	0.95	—	1,559	81.84	—	—
最大値	—	—	—	—	80.12	80.05	70.88	0.62	0.62	0.57	15.3	11,350	11,300	1.1	—	2,043	107.26	—	—
最小値	—	—	—	—	66.22	66.15	61.03	0.53	0.53	0.49	5.57	5,948	4,859	0.48	—	1,150	60.38	—	—
標準偏差	—	—	—	—	3.72	3.79	2.75	0.03	0.03	0.02	3.71	1,103	1,543	0.13	—	323	17.0	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	5.11	5.20	4.16	4.70	4.75	3.87	36.4	11.4	16.8	13.6	—	20.7	20.7	—	—

表 4-23 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 B（5%＜含水率 W≤15%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 5 A 8	80	19.91	20.01	320	73.07	72.81	65.21	0.57	0.57	0.51	11.7	9,678	7,902	0.82	0.88	1,150	60.38	0.48	0.59
カ 5 E 4	80	20.19	20.01	321	78.21	77.91	69.50	0.60	0.60	0.54	12.1	8,565	6,589	0.77		980	51.45		
カ 7 E 1	80	19.82	19.73	320	77.77	77.7	69.25	0.62	0.62	0.55	12.2	9,613	8,081	0.84		892	46.83		
カ 4 B 5	80	19.87	19.99	320	76.60	76.37	67.93	0.60	0.60	0.54	12.4	11,320	7,156	0.63		1,142	59.96		
カ 1 C 14	80	19.88	19.63	321	73.61	73.41	65.28	0.59	0.59	0.52	12.5	8,821	6,843	0.78		847	44.47		
カ 7 C 15	80	19.86	19.92	320	72.87	72.71	64.64	0.58	0.58	0.51	12.5	8,906	7,827	0.88		883	46.36		
カ 2 A 7	80	19.97	19.92	321	78.19	78.02	69.36	0.61	0.61	0.54	12.5	10,360	8,361	0.81		862	45.26		
カ 1 A 9	80	19.75	19.83	320	68.22	68.09	60.49	0.54	0.54	0.48	12.6	9,309	7,921	0.85		1,016	53.34		
カ 3 C 3	80	20.03	20.18	320	74.55	74.3	65.91	0.58	0.57	0.51	12.7	10,460	8,700	0.83		850	44.63		
カ 7 A 2	80	19.84	19.90	320	72.94	72.7	64.45	0.58	0.58	0.51	12.8	8,388	8,104	0.97		856	44.94		
カ 5 B 12	80	19.98	19.89	320	76.10	75.85	67.12	0.60	0.60	0.53	13.0	10,240	8,441	0.82		811	42.58		
カ 3 C 6	80	20.06	20.08	320	78.67	78.34	69.27	0.61	0.61	0.54	13.1	7,652	8,472	1.1		902	47.36		
カ 2 B 5	80	19.77	19.68	320	74.15	73.91	65.28	0.60	0.59	0.52	13.2	9,832	7,782	0.79		821	43.10		
カ 3 H 6	80	19.86	19.88	320	74.45	74.25	65.58	0.59	0.59	0.52	13.2	10,810	8,586	0.79		908	47.67		
カ 5 B 5	80	19.98	19.97	321	77.27	77.07	68.06	0.60	0.60	0.53	13.2	9,857	8,115	0.82		771	40.48		
カ 6 G 3	80	20.01	19.93	320	74.69	74.53	65.79	0.59	0.58	0.52	13.3	9,681	7,643	0.79		772	40.53		
カ 4 F 6	80	20.02	20.03	320	76.51	76.41	67.42	0.60	0.60	0.53	13.3	10,850	8,645	0.80		886	46.52		
カ 6 D 12	80	19.91	19.94	320	76.76	76.58	67.40	0.60	0.60	0.53	13.6	9,761	8,114	0.83		867	45.52		
カ 2 A 10	80	19.98	19.93	320	70.96	70.51	61.16	0.56	0.55	0.48	15.3	8,358	8,648	1.0		780	40.95		
平均値	-	-	-	-	75.03	74.81	66.27	0.59	0.59	0.52	12.9	9,603	7,996	0.84	-	895	46.96	-	-
最大値	-	-	-	-	78.67	78.34	69.50	0.62	0.62	0.55	15.3	11,320	8,700	1.1	-	1,150	60.38	-	-
最小値	-	-	-	-	68.22	68.09	60.49	0.54	0.54	0.48	11.7	7,652	6,589	0.63	-	771	40.48	-	-
標準偏差	-	-	-	-	2.73	2.74	2.54	0.02	0.02	0.02	0.76	970	602	0.10	-	109	5.70	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	3.64	3.66	3.84	3.33	3.37	3.58	5.92	10.1	7.53	12.2	-	12.1	12.1	-	-

表 4-24 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 B（5%＜含水率 W≦15%）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 6 D 3	95	19.98	19.85	320	71.05	71.01	65.31	0.56	0.56	0.51	8.73	10.960	8.947	0.82	0.83	1,017	53.39	0.40	0.57
カ 4 F 4	95	19.96	19.92	320	81.41	81.21	74.46	0.64	0.64	0.59	9.07	10.530	8.648	0.82		1,012	53.13		
カ 2 D 7	95	19.83	19.72	320	72.28	72.2	66.00	0.58	0.58	0.53	9.39	7.869	6.973	0.89		930	48.83		
カ 6 B 5	95	19.80	19.90	320	75.93	75.59	68.04	0.60	0.60	0.54	11.1	10.020	7.675	0.77		856	44.94		
カ 3 C 13	95	20.08	19.90	320	76.72	76.08	68.46	0.60	0.59	0.54	11.1	9.953	7.605	0.76		882	46.31		
カ 8 D 14	95	19.95	19.95	320	71.73	71.45	64.22	0.56	0.56	0.50	11.3	9.486	7.721	0.81		745	39.11		
カ 1 A 1	95	19.87	19.83	320	76.16	75.82	67.82	0.60	0.60	0.54	11.8	8.374	6.900	0.82		697	36.59		
カ 3 A 9	95	19.81	20.02	320	70.26	69.86	62.24	0.55	0.55	0.49	12.2	9.815	7.358	0.75		723	37.96		
カ 8 D 8	95	19.93	19.89	320	75.75	75.44	67.11	0.60	0.59	0.53	12.4	8.838	6.266	0.71		705	37.01		
カ 7 H 4	95	20.08	19.96	320	75.25	74.79	66.53	0.59	0.58	0.52	12.4	7.965	4.958	0.62		677	35.54		
カ 7 B 10	95	19.82	19.66	320	72.61	72.14	64.17	0.58	0.58	0.52	12.4	8.139	7.504	0.92		676	35.49		
カ 5 B 4	95	20.10	20.03	319	73.54	73.01	64.92	0.57	0.57	0.51	12.5	9.764	8.044	0.82		682	35.81		
カ 2 D 11	95	20.07	20.01	320	73.39	73.26	65.14	0.57	0.57	0.51	12.5	8.686	5.894	0.68		656	34.44		
カ 4 A 7	95	20.04	19.96	320	77.79	77.46	68.81	0.61	0.61	0.54	12.6	10.870	7.195	0.66		708	37.17		
カ 5 E 2	95	20.02	19.84	320	79.54	79.03	70.14	0.63	0.62	0.55	12.7	9.322	7.764	0.83		671	35.23		
カ 3 C 16	95	20.08	20.14	320	71.72	71.36	63.30	0.55	0.55	0.49	12.7	10.000	7.665	0.77		677	35.54		
カ 7 B 9	95	19.81	19.80	320	72.44	72.11	63.92	0.58	0.57	0.51	12.8	8.501	6.947	0.82		607	31.87		
カ 6 D 15	95	20.04	19.84	320	76.40	75.93	67.29	0.60	0.60	0.53	12.8	10.130	7.723	0.76		687	36.07		
カ 5 H 6	95	20.07	20.12	320	76.19	75.68	66.74	0.59	0.59	0.52	13.4	8.401	7.048	0.84		665	34.91		
カ 6 D 4	95	19.82	19.87	320	77.51	77.02	67.90	0.62	0.61	0.54	13.4	10.120	7.152	0.71		655	34.39		
カ 6 D 1	95	19.88	19.80	320	73.49	72.93	64.24	0.58	0.58	0.51	13.5	8.865	6.879	1.0		631	33.13		
平均値	-	-	-	-	74.82	74.45	66.51	0.59	0.59	0.52	11.9	9.267	7.279	0.79	-	741	38.90	-	-
最大値	-	-	-	-	81.41	81.21	74.46	0.64	0.64	0.59	13.5	10.960	8.947	1.0	-	1,017	53.39	-	-
最小値	-	-	-	-	70.26	69.86	62.24	0.55	0.55	0.49	8.73	6.865	4.958	0.62	-	607	31.87	-	-
標準偏差	-	-	-	-	2.92	2.88	2.74	0.02	0.02	0.02	1.38	1.096	873	0.09	-	122	6.40	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	3.90	3.87	4.11	3.92	3.90	4.19	11.6	11.8	12.0	11.2	-	16.5	16.5	-	-

表 4-25 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 C（15%＜含水率 W≦30%）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
カ 8 A 1	20	20.00	20.00	320	88.31	73.59	0.69	0.57	20.0	10.760	12.070	1.1	1.1	1,648	86.52	1.0	0.62
カ 8 G 4	20	20.00	20.00	320	85.96	71.09	0.67	0.56	20.9	7.599	8.093	1.1		1,661	87.20		
カ 1 B 4	20	19.75	19.76	320	77.32	62.12	0.62	0.50	24.5	9.248	10.210	1.1		1,211	63.58		
カ 2 B 2	20	20.01	19.90	320	78.93	61.89	0.62	0.49	27.5	9.277	9.966	1.1		1,296	68.04		
カ 5 C 3	20	19.90	20.01	319	81.39	63.47	0.64	0.50	28.2	10.390	11.470	1.1		1,386	72.77		
カ 8 A 10	20	20.00	20.00	320	78.03	60.75	0.61	0.47	28.4	9.793	10.710	1.1		1,387	72.82		
カ 8 F 3	20	19.70	19.79	320	87.53	67.88	0.70	0.54	28.9	11.140	11.560	1.0		1,282	67.31		
カ 5 A 10	20	20.00	20.00	320	79.01	61.22	0.62	0.48	29.1	10.970	11.570	1.1		1,397	73.34		
カ 3 A 8	20	19.88	19.96	320	80.62	62.23	0.63	0.49	29.6	9.736	10.460	1.1		1,075	56.44		
カ 2 D 13	20	19.66	19.66	320	82.35	63.39	0.67	0.51	29.9	8.530	8.686	1.0		1,077	56.54		
平均値	-	-	-	-	81.95	64.76	0.65	0.51	26.7	9.744	10.480	1.1	-	1,342	70.46	-	-
最大値	-	-	-	-	88.31	73.59	0.70	0.57	29.9	11.140	12.070	1.1	-	1,661	87.20	-	-
最小値	-	-	-	-	77.32	60.75	0.61	0.47	20.0	7.599	8.093	1.0	-	1,075	56.44	-	-
標準偏差	-	-	-	-	4.01	4.49	0.03	0.03	3.63	1.128	1.298	0.03	-	202	10.6	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	4.89	6.93	5.10	6.82	13.6	11.6	12.4	3.00	-	15.0	15.0	-	-

表 4-26 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 C（15%＜含水率 W≦30%）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 0 Z 4	50	20.00	20.00	320	75.10	75.70	64.62	0.59	0.59	0.50	17.1	6,504	8,465	1.3	0.83	1,175	61.69	0.81	0.52
カ 2 G 5	50	20.03	19.82	320	78.98	78.69	67.09	0.62	0.62	0.53	17.3	8,363	6,581	0.79		1,132	59.43		
カ 5 E 3	50	20.00	20.00	320	85.02	84.92	71.60	0.66	0.66	0.56	18.6	9,613	8,762	0.91		1,192	62.58		
カ 5 C 5	50	20.00	20.00	320	86.73	86.33	70.72	0.68	0.67	0.55	22.1	8,285	7,169	0.87		1,083	56.86		
カ 8 A 11	50	20.00	20.00	320	70.04	69.60	56.81	0.55	0.54	0.44	22.5	9,288	9,026	0.97		997	52.34		
カ 5 C 13	50	20.00	20.00	320	88.63	88.43	72.11	0.69	0.69	0.56	22.6	8,871	7,671	0.86		1,052	55.23		
カ 2 F 6	50	19.88	19.80	320	81.43	81.11	65.94	0.65	0.64	0.52	23.0	10,240	8,852	0.86		1,128	59.22		
カ 8 F 5	50	20.00	20.00	320	84.50	83.44	65.09	0.66	0.65	0.51	28.2	10,490	9,594	0.91		1,097	57.59		
カ 2 D 5	50	20.00	19.69	320	80.40	79.83	62.26	0.64	0.63	0.49	28.2	7,454	9,035	1.2		1,196	62.79		
カ 7 C 3	50	19.79	19.90	320	87.78	82.69	63.97	0.70	0.66	0.51	29.3	7,494	5,139	0.69		937	49.19		
カ 1 E 1	50	20.03	19.73	320	84.85	84.60	65.43	0.67	0.67	0.52	29.3	8,727	8,636	0.99		895	46.99		
カ 7 C 8	50	19.95	19.82	319	86.20	85.99	66.11	0.68	0.68	0.52	30.1	11,010	8,756	0.80		1,095	57.49		
平均値	-	-	-	-	82.47	81.78	65.98	0.65	0.64	0.52	24.0	8,862	8,141	0.93	-	1,082	56.78	-	-
最大値	-	-	-	-	88.63	88.43	72.11	0.70	0.69	0.56	30.1	11,010	9,594	1.3	-	1,196	62.79	-	-
最小値	-	-	-	-	70.04	69.60	56.81	0.55	0.54	0.44	17.1	6,504	5,139	0.69	-	895	46.99	-	-
標準偏差	-	-	-	-	5.57	5.25	4.24	0.04	0.04	0.03	4.84	1,346	1,277	0.17	-	97	5.08	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	6.75	6.42	6.43	6.90	6.50	6.25	20.2	15.2	15.7	18.7	-	8.94	8.94	-	-

表 4-27 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 C（15%＜含水率 W≦30%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 8 D 16	80	19.98	19.94	320	80.75	79.97	67.47	0.63	0.63	0.53	18.5	8,508	6,843	0.80	0.72	643	33.76	0.46	0.41
カ 2 D 8	80	20.00	20.00	320	85.69	85.41	71.89	0.67	0.67	0.56	18.8	8,980	6,019	0.67		637	33.44		
カ 7 H 2	80	20.00	20.00	320	87.76	87.45	73.44	0.69	0.68	0.57	19.1	8,636	6,504	0.75		607	31.87		
カ 6 G 5	80	20.00	19.92	320	81.75	78.54	65.72	0.64	0.61	0.51	19.5	9,945	8,373	0.84		847	44.47		
カ 5 H 4	80	20.00	20.00	320	85.32	84.56	69.84	0.67	0.66	0.55	21.1	8,514	7,136	0.84		637	33.44		
カ 6 F 5	80	19.71	19.89	320	79.00	78.89	63.08	0.63	0.63	0.50	25.1	10,160	7,650	0.75		695	36.49		
カ 6 G 2	80	19.78	19.96	320	83.93	83.22	65.95	0.66	0.66	0.52	26.2	8,197	5,832	0.71		601	31.55		
カ 7 C 12	80	20.00	20.00	320	83.45	82.44	64.24	0.65	0.64	0.50	28.3	10,330	7,257	0.70		645	33.86		
カ 7 A 11	80	20.00	20.00	320	74.69	73.74	57.43	0.58	0.58	0.45	28.4	9,028	5,536	0.61		477	25.04		
カ 6 B 9	80	19.98	19.75	320	83.54	81.82	63.39	0.66	0.65	0.50	29.1	8,806	6,411	0.73		533	27.98		
カ 2 B 9	80	20.00	20.00	320	82.08	81.12	62.83	0.64	0.63	0.49	29.1	7,814	4,316	0.55		530	27.83		
カ 8 D 5	80	20.00	20.00	320	82.15	81.77	63.08	0.64	0.64	0.49	29.6	11,220	7,214	0.64		603	31.66		
カ 5 B 9	80	19.90	19.93	320	83.02	82.00	63.07	0.66	0.65	0.50	30.0	8,335	4,966	0.60		505	26.51		
カ 6 D 2	80	19.94	19.84	320	82.74	81.74	62.70	0.65	0.65	0.50	30.4	9,597	6,999	0.73		728	38.22		
平均値	-	-	-	-	82.56	81.62	65.30	0.65	0.64	0.51	25.2	9,148	6,504	0.71	-	621	32.58	-	-
最大値	-	-	-	-	87.76	87.45	73.44	0.69	0.68	0.57	30.4	11,220	8,373	0.84	-	847	44.47	-	-
最小値	-	-	-	-	74.69	73.74	57.43	0.58	0.58	0.45	18.5	7,814	4,316	0.55	-	477	25.04	-	-
標準偏差	-	-	-	-	3.13	3.31	4.21	0.02	0.03	0.03	4.75	966	1,089	0.09	-	96	5.06	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	3.79	4.06	6.44	3.73	4.00	6.27	18.8	10.6	16.7	12.4	-	15.5	15.5	-	-

表 4-28 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 C（15%＜含水率 W≦30%）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 8 B 12	95	20.00	20.00	320	84.11	83.71	71.61	0.66	0.65	0.56	16.9	9,937	5,288	0.53	0.57	601	31.55	0.36	0.37
カ 7 C 5	95	20.00	20.00	320	85.35	85.93	73.22	0.67	0.67	0.57	17.4	9,524	4,494	0.47		476	24.99		
カ 5 A 9	95	19.90	19.95	320	86.18	76.02	63.59	0.68	0.60	0.50	19.5	7,006	3,627	0.52		403	21.16		
カ 3 B 12	95	19.92	19.99	320	80.30	79.45	65.89	0.63	0.62	0.52	20.6	11,020	7,058	0.64		553	29.03		
カ 7 A 5	95	20.00	20.00	320	76.41	75.51	62.52	0.60	0.59	0.49	20.8	8,349	5,560	0.67		468	24.57		
カ 2 F 4	95	19.91	19.88	320	94.56	89.1	71.75	0.75	0.70	0.57	24.2	7,171	3,793	0.53		438	23.00		
カ 2 G 2	95	19.96	19.88	320	85.28	83.8	65.23	0.67	0.66	0.51	28.5	8,979	4,571	0.51		517	27.14		
カ 6 B 10	95	19.80	19.90	320	82.43	80.86	62.52	0.65	0.64	0.50	29.3	10,780	6,654	0.62		531	27.88		
カ 4 D 14	95	19.98	19.80	320	85.78	82.83	64.04	0.68	0.65	0.51	29.3	8,607	4,110	0.48		427	22.42		
カ 8 D 9	95	19.91	19.88	320	88.40	83.71	64.70	0.70	0.66	0.51	29.4	9,903	4,301	0.43		401	21.05		
カ 4 F 2	95	19.92	19.88	320	95.69	92.21	71.24	0.76	0.73	0.56	29.4	8,640	5,088	0.59		476	24.99		
カ 4 A 10	95	19.87	19.90	320	83.40	81.98	63.14	0.66	0.65	0.50	29.8	9,412	5,806	0.62		481	25.25		
カ 4 B 4	95	19.87	19.67	320	80.41	78.47	60.41	0.64	0.63	0.48	29.9	7,459	4,637	0.62		435	22.84		
平均値	-	-	-	-	85.25	82.58	66.14	0.67	0.65	0.52	25.0	8,984	4,999	0.56	-	477	25.07	-	-
最大値	-	-	-	-	95.69	92.21	73.22	0.76	0.73	0.57	29.9	11,020	7,058	0.67	-	601	31.55	-	-
最小値	-	-	-	-	76.41	75.51	60.41	0.60	0.59	0.48	16.9	7,006	3,627	0.43	-	401	21.05	-	-
標準偏差	-	-	-	-	5.37	4.77	4.28	0.04	0.04	0.03	5.23	1,284	1,050	0.07	-	60	3.14	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	6.29	5.78	6.47	6.39	5.80	6.13	20.9	14.3	21.0	13.3	-	12.5	12.5	-	-

表 4-29 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 D（含水率 W＞30%）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
カ 5 C 4	20	19.84	19.75	320	82.97	63.46	0.66	0.51	30.7	9,578	10,190	1.1	1.1	1,218	63.95	1.0	0.56
カ 8 D 3	20	19.78	19.83	320	82.24	62.87	0.66	0.50	30.8	10,910	11,080	1.0		1,142	59.96		
カ 4 G 3	20	19.87	19.83	320	84.53	64.59	0.67	0.51	30.9	7,094	8,228	1.2		1,110	58.28		
カ 2 D 6	20	19.82	19.74	320	85.04	63.99	0.68	0.51	32.9	10,860	11,040	1.0		1,305	68.51		
カ 4 B 3	20	20.09	19.86	320	84.19	63.31	0.66	0.50	33.0	9,394	9,616	1.0		1,187	62.32		
カ 1 B 5	20	19.83	19.90	320	83.74	62.86	0.66	0.50	33.2	9,127	9,902	1.1		1,177	61.79		
カ 8 D 6	20	19.94	19.83	320	82.84	61.85	0.65	0.49	33.9	11,040	11,340	1.0		1,202	63.11		
カ 1 C 6	20	19.75	19.70	320	88.08	65.43	0.71	0.53	34.6	11,050	11,140	1.0		1,208	63.42		
カ 8 B 5	20	19.75	19.78	321	96.59	71.01	0.77	0.57	36.0	11,760	12,060	1.0		1,525	80.06		
カ 2 F 1	20	19.84	19.92	321	97.47	71.48	0.77	0.56	36.4	11,460	11,510	1.0		1,407	73.87		
カ 5 C 15	20	19.95	19.79	320	89.87	65.82	0.71	0.52	36.5	11,700	11,810	1.0		1,317	69.14		
カ 2 B 10	20	19.86	19.72	320	92.81	67.64	0.74	0.54	37.2	10,560	10,580	1.0		1,238	65.00		
カ 2 A 6	20	20.00	20.00	320	72.24	52.46	0.56	0.41	37.7	7,637	9,376	1.2		1,250	65.63		
カ 4 F 5	20	19.88	19.81	319	88.55	63.68	0.70	0.51	39.1	10,650	10,840	1.0		1,206	63.32		
カ 6 B 11	20	19.91	19.79	320	98.24	70.47	0.78	0.56	39.4	11,710	11,830	1.0		1,333	69.98		
カ 3 A 3	20	19.87	19.93	320	90.23	64.52	0.71	0.51	39.8	10,870	10,970	1.0		1,250	65.63		
カ 4 A 8	20	20.00	19.73	320	93.12	65.94	0.74	0.52	41.2	10,230	10,360	1.0		1,096	57.54		
カ 7 H 1	20	20.00	20.00	320	116.51	69.49	0.91	0.54	67.7	8,888	9,848	1.1		1,262	66.26		
カ 2 D 9	20	20.00	20.00	320	103.93	61.40	0.81	0.48	69.3	6,312	6,662	1.1		1,117	58.64		
カ 5 C 1	20	20.00	20.00	320	119.45	70.56	0.93	0.55	69.3	8,967	9,354	1.0		1,151	60.43		
カ 7 A 6	20	20.00	20.00	320	99.46	58.38	0.78	0.46	70.4	10,970	10,910	0.99		1,341	70.40		
カ 7 B 6	20	20.00	20.00	320	122.34	63.00	0.96	0.49	94.2	8,487	9,014	1.1		1,063	55.81		
平均値	-	-	-	-	93.38	64.74	0.74	0.51	44.3	9,966	10,348	1.0	-	1,232	64.68	-	-
最大値	-	-	-	-	122.34	71.48	0.96	0.57	94.2	11,760	12,060	1.2	-	1,525	80.06	-	-
最小値	-	-	-	-	72.24	52.46	0.56	0.41	30.7	6,312	6,662	0.99	-	1,063	55.81	-	-
標準偏差	-	-	-	-	12.80	4.43	0.10	0.04	17.5	1,555	1,292	0.06	-	109	5.73	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	13.7	6.84	1.32	7.10	39.6	15.6	12.5	0.47	-	8.85	8.85	-	-

表 4-30 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 D（含水率 W&gt;30%）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 7 C 4	50	19.93	19.95	320	83.37	83.14	63.59	0.66	0.65	0.50	30.7	10.645	9.647	0.91	0.94	1,002	52.61	0.82	0.48
カ 3 C 15	50	19.88	19.90	320	83.67	83.26	62.98	0.66	0.66	0.50	32.2	9.862	10.690	1.1		1,092	57.33		
カ 3 B 10	50	19.88	19.80	320	82.16	81.78	61.79	0.65	0.65	0.49	32.4	10.640	11.550	1.1		1,206	63.32		
カ 4 G 6	50	19.74	19.81	319	89.11	88.83	66.74	0.71	0.71	0.54	33.1	7.449	8.086	1.1		1,095	57.49		
カ 2 D 1	50	19.96	20.01	320	84.50	84.18	62.73	0.66	0.66	0.49	34.2	9.699	9.236	0.95		921	48.35		
カ 3 B 4	50	20.14	20.01	320	86.53	86.10	63.63	0.67	0.67	0.49	35.3	8.728	9.096	1.0		913	47.93		
カ 8 B 10	50	19.76	20.00	320	92.08	91.65	67.32	0.73	0.73	0.53	36.1	9.547	9.471	0.99		916	48.09		
カ 3 E 6	50	19.90	19.92	320	91.12	90.72	66.59	0.72	0.72	0.52	36.2	9.137	7.679	0.84		885	46.46		
カ 6 F 6	50	19.98	19.73	320	83.08	87.37	62.99	0.66	0.69	0.50	38.7	7.124	9.085	1.3		1,073	56.33		
カ 3 B 1	50	19.83	19.97	320	88.90	88.60	63.82	0.70	0.70	0.50	38.8	7.745	8.283	1.07		995	52.24		
カ 5 E 6	50	19.89	19.76	320	92.44	92.18	66.32	0.74	0.73	0.53	39.0	8.820	9.355	1.06		943	49.51		
カ 6 F 1	50	19.81	19.83	320	99.59	99.28	71.08	0.79	0.79	0.57	39.7	9.499	8.699	0.92		873	45.83		
カ 3 E 4	50	20.01	19.92	320	97.56	97.14	68.68	0.76	0.76	0.54	41.4	8.668	8.113	0.94		856	44.94		
カ 8 F 1	50	19.93	19.85	320	94.80	100.53	70.42	0.75	0.79	0.56	42.8	10.920	9.774	0.90		1,032	54.18		
カ 1 E 4	50	19.98	19.77	320	97.00	94.85	66.34	0.77	0.75	0.52	43.0	8.102	6.406	0.79		866	45.47		
カ 5 E 1	50	20.00	20.00	320	116.19	117.21	71.35	0.91	0.92	0.56	64.3	11.070	9.576	0.87		1,285	67.46		
カ 8 B 11	50	20.00	20.00	320	117.92	117.81	71.55	0.92	0.92	0.56	64.7	11.040	9.911	0.90		1,107	58.12		
カ 8 D 2	50	20.00	20.00	320	106.34	105.85	63.42	0.83	0.83	0.50	66.9	11.025	11.873	1.1		1,118	58.70		
カ 7 B 8	50	20.00	20.00	320	103.35	99.34	57.73	0.81	0.78	0.45	72.1	7.124	7.279	1.0		878	46.10		
カ 7 C 13	50	20.00	20.00	320	124.61	124.89	72.40	0.97	0.98	0.57	72.5	8.534	10.170	1.2		1,083	56.86		
平均値	-	-	-	-	95.72	95.74	66.07	0.75	0.75	0.52	44.7	9.269	9.199	1.0	-	1,007	52.86	-	-
最大値	-	-	-	-	124.61	124.89	72.40	0.97	0.98	0.57	72.5	11.070	11.873	1.3	-	1,285	67.46	-	-
最小値	-	-	-	-	82.16	81.78	57.73	0.65	0.65	0.45	30.7	7.124	6.406	0.84	-	856	44.94	-	-
標準偏差	-	-	-	-	12.41	12.38	3.93	0.09	0.09	0.03	14.37	1.342	1.347	0.11	-	123	6.44	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	13.0	12.9	5.95	12.5	12.5	6.00	32.1	14.5	14.6	11.0	-	12.2	12.2	-	-

表 4-31 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 D（含水率 W&gt;30%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 1 B 9	80	19.63	19.85	320	83.73	81.21	62.23	0.67	0.65	0.50	30.5	8.682	5.883	0.68	0.62	512	26.88	0.44	0.36
カ 2 D 10	80	19.88	19.81	321	84.44	81.91	62.31	0.67	0.65	0.49	31.5	6.642	4.897	0.74		495	25.99		
カ 6 D 5	80	19.94	19.85	320	85.45	84.10	63.93	0.67	0.66	0.50	31.6	5.727	5.751	1.0		595	31.24		
カ 8 F 2	80	19.94	19.96	320	94.41	92.87	70.48	0.74	0.73	0.55	31.8	10.490	7.290	0.69		597	31.34		
カ 1 A 7	80	19.81	19.80	320	84.74	83.89	63.55	0.68	0.67	0.51	32.0	8.537	6.001	0.70		592	31.08		
カ 3 E 5	80	19.87	19.77	321	91.16	89.82	67.52	0.72	0.71	0.54	33.0	9.058	5.429	0.60		521	27.35		
カ 3 B 3	80	19.98	20.03	320	86.05	84.56	63.54	0.67	0.66	0.50	33.1	8.376	5.768	0.69		502	26.36		
カ 1 E 5	80	19.96	19.88	320	87.21	85.65	63.62	0.69	0.67	0.50	34.6	7.643	5.603	0.73		491	25.78		
カ 1 B 11	80	19.84	19.75	321	91.84	89.39	66.39	0.73	0.71	0.53	34.6	8.512	6.216	0.73		512	26.88		
カ 4 D 2	80	19.90	19.79	320	89.18	87.35	64.48	0.71	0.69	0.51	35.5	6.124	5.561	0.91		512	26.88		
カ 8 G 2	80	19.96	19.85	321	95.77	94.50	69.69	0.75	0.74	0.55	35.6	8.242	5.157	0.63		487	25.57		
カ 5 B 6	80	19.82	19.78	320	98.14	96.53	69.95	0.78	0.77	0.56	38.0	6.939	5.360	0.77		488	25.62		
カ 1 G 3	80	20.03	19.82	320	93.99	90.98	65.56	0.74	0.72	0.52	38.8	6.913	4.097	0.59		433	22.73		
カ 7 E 2	80	20.08	19.89	321	98.08	96.96	68.37	0.77	0.76	0.53	41.8	8.275	5.683	0.69		516	27.09		
カ 8 G 6	80	20.00	20.00	320	118.68	116.67	71.17	0.93	0.91	0.56	63.9	11.390	6.473	0.57		702	36.86		
カ 2 A 9	80	20.00	20.00	320	100.69	99.64	59.69	0.79	0.78	0.47	66.9	9.033	5.822	0.64		577	30.29		
カ 8 G 3	80	20.00	20.00	320	116.39	116.00	68.82	0.91	0.91	0.54	68.6	7.238	4.232	0.58		558	29.30		
カ 5 B 1	80	20.00	20.00	320	109.42	102.62	57.42	0.85	0.80	0.45	78.7	7.330	5.297	0.72		561	29.45		
カ 5 A 1	80	20.00	20.00	320	127.83	126.97	64.59	1.00	0.99	0.50	96.6	8.853	6.223	0.70		607	31.87		
平均値	-	-	-	-	96.69	94.82	65.44	0.76	0.75	0.52	45.1	8.105	5.618	0.70	-	540	28.34	-	-
最大値	-	-	-	-	127.83	126.97	71.17	1.00	0.99	0.56	96.6	11.390	7.290	1.0	-	702	36.86	-	-
最小値	-	-	-	-	83.73	81.21	57.42	0.67	0.65	0.45	30.5	5.727	4.097	0.57	-	433	22.73	-	-
標準偏差	-	-	-	-	12.77	12.81	3.75	0.10	0.10	0.03	19.56	1.408	735	0.11	-	61	3.23	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	13.2	13.5	5.74	12.6	12.9	5.77	43.4	17.4	13.1	15.2	-	11.4	11.4	-	-

表 4-32 実験結果詳細一覧（カラマツ・試験体群 D（含水率 W&gt;30%）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
カ 8 A 4	95	19.98	19.89	320	82.20	80.44	61.52	0.65	0.63	0.48	30.8	9.398	5.025	0.53	0.47	421	22.10	0.34	0.32
カ 3 C 2	95	20.02	19.89	320	86.67	84.08	64.01	0.68	0.66	0.50	31.4	8.334	4.335	0.52		391	20.53		
カ 2 D 15	95	20.06	19.87	319	91.29	88.96	67.46	0.72	0.70	0.53	31.9	8.759	4.499	0.51		437	22.94		
カ 6 A 2	95	19.94	19.86	320	89.14	86.3	65.03	0.70	0.68	0.51	32.7	10.040	5.321	0.53		447	23.47		
カ 7 H 3	95	20.07	19.79	320	99.88	98.52	72.98	0.79	0.78	0.58	35.0	8.071	4.070	0.50		426	22.37		
カ 2 B 6	95	19.96	19.95	320	92.28	92.61	68.16	0.72	0.73	0.53	35.9	7.193	2.531	0.35		382	20.06		
カ 4 A 2	95	19.87	19.80	321	92.04	89.61	65.88	0.73	0.71	0.52	36.0	7.941	4.095	0.52		392	20.58		
カ 5 H 1	95	20.09	20.14	320	100.53	98.06	70.78	0.78	0.76	0.55	38.5	8.161	3.162	0.39		387	20.32		
カ 7 A 12	95	20.00	20.01	321	81.93	79.71	55.22	0.64	0.62	0.43	44.3	5.953	2.515	0.42		337	17.69		
カ 7 A 1	95	20.00	20.00	320	119.31	117.05	71.44	0.93	0.91	0.56	63.8	10.770	5.666	0.53		500	26.25		
カ 7 A 7	95	20.00	20.00	320	116.65	115.38	70.14	0.91	0.90	0.55	64.5	9.892	4.626	0.47	452	23.73			
カ 2 A 12	95	20.00	20.00	320	104.25	98.63	59.16	0.81	0.77	0.46	66.7	10.080	4.885	0.48	442	23.21			
カ 2 D 16	95	20.00	20.00	320	128.39	126.54	66.01	1.00	0.99	0.52	91.7	7.980	3.000	0.38	385	20.21			
平均値	—	—	—	—	98.81	96.61	65.98	0.77	0.76	0.52	46.4	8.659	4.133	0.47	—	415	21.80	—	—
最大値	—	—	—	—	128.39	126.54	72.98	1.00	0.99	0.58	91.7	10.770	5.666	0.53	—	500	26.25	—	—
最小値	—	—	—	—	81.93	79.71	55.22	0.64	0.62	0.43	30.8	5.953	2.515	0.35	—	337	17.69	—	—
標準偏差	—	—	—	—	14.70	14.75	5.11	0.11	0.11	0.04	19.11	1.342	1.039	0.06	—	42	2.19	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	14.9	15.3	7.74	14.6	15.0	7.77	41.2	15.5	25.1	13.8	—	10.1	10.1	—	—

バイマツ：試験体群 A（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 B（常温、50℃、80℃、95℃）  
試験体群 C（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 D（常温、50℃、80℃、95℃）

表 4-33 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
ベ 7 C 16	20	19.94	20.04	320	63.96	61.79	0.50	0.48	3.51	11,390	11,560	1.0	1.0	2,353	123.5	1.0	1.0
ベ 3 C 12	20	20.12	20.05	320	63.68	61.49	0.49	0.48	3.56	12,210	12,330	1.0		2,455	128.9		
ベ 6 D 3	20	20.16	20.03	320	68.87	66.46	0.53	0.51	3.63	11,710	11,950	1.0		2,140	112.4		
ベ 6 B 2	20	19.97	20.05	320	61.96	59.79	0.48	0.47	3.63	10,240	10,210	1.0		2,287	120.1		
ベ 8 B 10	20	19.97	19.93	320	66.34	64.01	0.52	0.50	3.64	11,530	11,850	1.0		2,472	129.8		
ベ 7 B 3	20	20.02	19.97	320	63.06	60.80	0.49	0.48	3.72	11,020	11,280	1.0		2,197	115.3		
ベ 2 A 3	20	20.10	19.93	320	64.58	62.25	0.50	0.49	3.74	11,470	11,580	1.0		2,393	125.6		
ベ 1 H 3	20	20.27	20.44	320	65.43	63.06	0.49	0.48	3.76	12,470	12,450	1.0		2,233	117.2		
ベ 7 A 8	20	19.92	20.08	320	66.10	63.70	0.52	0.50	3.77	12,420	12,620	1.0		2,442	128.2		
ベ 3 C 15	20	20.23	20.27	320	65.92	63.50	0.50	0.48	3.81	12,170	12,210	1.0		2,363	124.1		
ベ 8 D 15	20	20.14	19.98	320	69.01	66.47	0.54	0.52	3.82	12,390	12,520	1.0		2,526	132.6		
ベ 8 B 5	20	19.99	20.00	320	67.43	64.93	0.53	0.51	3.85	12,740	12,860	1.0		2,383	125.1		
ベ 2 F 2	20	20.07	20.07	320	70.13	67.49	0.54	0.52	3.91	13,190	13,330	1.0		2,412	126.6		
ベ 4 B 12	20	20.11	20.12	320	68.13	65.56	0.53	0.51	3.92	10,820	10,910	1.0		2,286	120.0		
ベ 7 C 10	20	19.65	19.90	320	69.16	66.53	0.55	0.53	3.95	12,440	12,770	1.0		2,517	132.1		
平均値	—	—	—	—	66.25	63.86	0.52	0.50	3.75	11,881	12,029	1.0	—	2,364	124.1	—	—
最大値	—	—	—	—	70.13	67.49	0.55	0.53	3.95	13,190	13,330	1.0	—	2,526	132.6	—	—
最小値	—	—	—	—	61.96	59.79	0.48	0.47	3.51	10,240	10,210	1.0	—	2,140	112.4	—	—
標準偏差	—	—	—	—	2.49	2.35	0.02	0.02	0.13	801	820	0.01	—	115	6.06	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	3.76	3.68	4.09	4.01	3.57	6.74	6.81	0.92	—	4.88	4.88	—	—

表 4-34 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比		
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前		試験時	全乾時							非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)
ベ 4 A 3	50	20.00	20.00	320	—	58.44	56.11	—	0.46	0.44	4.15	7,953	10,510	1.3	1.0	2,055	107.9	0.90	1.0
ベ 4 B 7	50	20.20	20.21	320	61.25	61.31	58.52	0.47	0.47	0.45	4.77	9,288	8,987	0.97		1,811	95.08		
ベ 1 B 4	50	20.15	20.18	320	63.59	63.48	60.59	0.49	0.49	0.47	4.77	11,870	11,680	0.98		2,053	107.8		
ベ 4 G 5	50	20.01	20.05	320	68.68	68.71	65.58	0.53	0.54	0.51	4.77	11,710	11,350	0.97		2,237	117.4		
ベ 1 B 6	50	20.29	20.48	320	66.12	65.75	62.74	0.50	0.49	0.47	4.80	11,670	11,700	1.0		2,153	113.0		
ベ 7 C 1	50	20.06	19.95	320	68.68	68.71	65.56	0.54	0.54	0.51	4.80	12,250	11,630	0.95		2,235	117.3		
ベ 4 A 9	50	19.94	19.97	320	61.66	61.72	58.88	0.48	0.49	0.46	4.82	11,220	11,180	1.0		1,991	104.5		
ベ 1 C 9	50	20.09	20.15	320	65.56	65.53	62.51	0.51	0.51	0.48	4.83	12,070	11,630	0.96		2,160	113.4		
ベ 5 E 1	50	20.01	20.02	320	67.47	67.56	64.43	0.53	0.53	0.50	4.86	11,710	11,220	0.96		1,956	102.7		
ベ 1 E 5	50	20.30	20.14	320	66.87	66.91	63.77	0.51	0.51	0.49	4.92	11,960	11,700	0.98		2,157	113.2		
ベ 4 F 5	50	20.05	20.01	321	64.91	64.93	61.88	0.50	0.50	0.48	4.93	12,620	12,510	0.99		2,230	117.1		
ベ 3 C 11	50	20.16	20.13	320	67.88	67.87	64.65	0.52	0.52	0.50	4.98	13,000	12,690	0.98		2,208	115.9		
ベ 3 B 5	50	20.27	20.24	320	68.71	68.69	65.41	0.52	0.52	0.50	5.01	11,510	11,510	1.0		1,981	104.0		
ベ 3 E 6	50	20.18	20.12	320	68.72	68.81	65.5	0.53	0.53	0.50	5.05	12,680	12,510	0.99		2,207	115.9		
ベ 6 G 4	50	20.25	20.20	320	70.27	70.34	66.93	0.54	0.54	0.51	5.09	12,550	12,650	1.0		2,268	119.1		
ベ 2 G 2	50	19.87	19.99	320	69.40	69.38	65.99	0.55	0.55	0.52	5.14	11,520	11,320	0.98		2,162	113.5		
平均値	—	—	—	—	66.65	66.13	63.07	0.51	0.51	0.49	4.86	11,599	11,549	1.0	—	2,117	111.1	—	—
最大値	—	—	—	—	70.27	70.34	66.93	0.55	0.55	0.52	5.14	13,000	12,690	1.3	—	2,268	119.1	—	—
最小値	—	—	—	—	61.25	58.44	56.11	0.47	0.46	0.44	4.15	7,953	8,987	0.95	—	1,811	95.08	—	—
標準偏差	—	—	—	—	2.77	3.38	3.13	0.02	0.03	0.02	0.22	1,285	910	0.09	—	129	6.76	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	4.16	5.12	4.96	4.32	5.11	4.96	4.61	11.1	7.88	8.66	—	6.09	6.09	—	—

表 4-35 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)							破壊 (高温時)
ベ 1 A 9	80	20.01	20.10	320	64.66	64.22	61.71	0.50	0.50	0.48	4.07	10,890	10,050	0.92	1.0	1,676	87.99	0.72	1.0
ベ 4 C 6	80	19.96	19.98	320	67.81	67.38	64.74	0.53	0.53	0.51	4.08	10,240	9,329	0.91		1,571	82.48		
ベ 8 D 1	80	19.92	20.03	320	65.77	65.43	62.78	0.52	0.51	0.49	4.22	10,950	10,440	0.95		1,662	87.26		
ベ 2 D 7	80	19.81	20.07	320	66.28	65.85	63.16	0.52	0.52	0.50	4.26	11,500	11,060	0.96		1,751	91.93		
ベ 7 A 5	80	19.77	19.98	320	61.26	60.97	58.47	0.48	0.48	0.46	4.28	9,156	8,583	0.94		1,610	84.53		
ベ 6 D 5	80	19.91	20.04	320	62.95	62.66	60.09	0.49	0.49	0.47	4.28	9,919	9,714	0.98		1,593	83.63		
ベ 4 B 4	80	20.11	20.22	320	64.01	63.63	61.02	0.49	0.49	0.47	4.28	10,070	9,777	0.97		1,628	85.47		
ベ 7 A 9	80	20.22	20.19	320	63.48	63.16	60.53	0.49	0.48	0.46	4.34	11,500	11,070	0.96		1,761	92.45		
ベ 7 H 6	80	20.00	20.02	320	66.91	66.59	63.79	0.52	0.52	0.50	4.39	12,440	11,750	0.94		1,762	92.51		
ベ 1 B 12	80	20.08	20.17	320	66.39	65.98	63.19	0.51	0.51	0.49	4.42	12,990	11,850	0.91		1,778	93.35		
ベ 3 C 1	80	20.16	20.18	320	66.46	66.05	63.22	0.51	0.51	0.49	4.48	12,820	11,670	0.91		1,667	87.52		
ベ 7 C 13	80	20.07	19.96	320	67.57	67.24	64.34	0.53	0.52	0.50	4.51	12,120	11,410	0.94		1,650	86.63		
ベ 4 A 2	80	20.27	20.31	320	66.50	66.13	63.24	0.50	0.50	0.48	4.57	13,260	12,370	0.93		1,853	97.28		
ベ 7 A 7	80	20.26	20.13	320	69.12	68.84	65.80	0.53	0.53	0.50	4.62	13,190	12,520	0.95		1,832	96.18		
ベ 8 D 3	80	19.97	20.01	320	68.76	68.50	65.38	0.54	0.54	0.51	4.77	11,810	11,010	0.93		1,800	94.50		
平均値	-	-	-	-	65.86	65.51	62.76	0.51	0.51	0.49	4.37	11,524	10,840	0.94	-	1,706	89.58	-	-
最大値	-	-	-	-	69.12	68.84	65.80	0.54	0.54	0.51	4.77	13,260	12,520	0.98	-	1,853	97.28	-	-
最小値	-	-	-	-	61.26	60.97	58.47	0.48	0.48	0.46	4.07	9,156	8,583	0.91	-	1,571	82.48	-	-
標準偏差	-	-	-	-	2.21	2.21	2.05	0.02	0.02	0.02	0.20	1,298	1,156	0.02	-	90	4.73	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	3.35	3.37	3.27	3.35	3.37	3.29	4.47	11.3	10.7	2.31	-	5.28	5.28	-	-

表 4-36 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・ $95^{\circ}\text{C}$ ）

試験体名	温度条件 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	寸法[mm]			質量[g]			密度[ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm $^2$ ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm $^2$ ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
ベ 1 B 10	95	20.26	20.19	320	62.55	61.96	60.79	0.48	0.47	0.46	1.92	11,310	10,490	0.93	1.0	1,517	79.64	0.68	1.0
ベ 2 B 11	95	19.86	20.04	320	66.11	65.41	64.07	0.52	0.51	0.50	2.09	11,640	10,380	0.89		1,558	81.80		
ベ 2 D 13	95	20.14	20.23	320	68.98	68.34	66.89	0.53	0.52	0.51	2.17	12,100	10,820	0.89		1,707	89.62		
ベ 8 G 6	95	20.26	20.22	320	69.09	68.58	67.08	0.53	0.52	0.51	2.24	12,290	11,620	0.95		1,725	90.56		
ベ 3 C 8	95	20.20	20.18	320	64.35	63.88	62.48	0.49	0.49	0.48	2.24	11,820	11,080	0.94		1,626	85.37		
ベ 7 B 10	95	19.99	20.04	320	65.21	64.81	63.38	0.51	0.51	0.49	2.26	11,900	10,830	0.91		1,552	81.48		
ベ 4 B 7	95	20.24	20.24	320	63.08	62.66	61.23	0.48	0.48	0.47	2.34	10,190	9,044	0.89		1,532	80.43		
ベ 2 F 5	95	20.33	20.38	320	69.15	68.68	67.10	0.52	0.52	0.51	2.35	11,610	10,960	0.94		1,392	73.08		
ベ 6 F 5	95	19.97	19.93	320	66.68	66.33	64.80	0.52	0.52	0.51	2.36	11,690	10,550	0.90		1,642	86.21		
ベ 2 D 14	95	20.04	20.00	320	66.12	65.62	64.10	0.52	0.51	0.50	2.37	11,510	10,190	0.89		1,616	84.84		
ベ 6 B 8	95	20.06	20.00	320	62.68	62.23	60.77	0.49	0.48	0.47	2.40	10,050	8,904	0.89		1,391	73.03		
ベ 3 C 7	95	20.22	20.13	320	68.15	67.67	66.06	0.52	0.52	0.51	2.44	12,730	11,440	0.90		1,737	91.19		
ベ 5 H 4	95	20.18	20.25	320	69.78	69.19	67.50	0.53	0.53	0.52	2.50	12,170	10,900	0.90		1,682	88.31		
ベ 3 C 14	95	20.24	20.13	320	65.50	65.04	63.43	0.50	0.50	0.49	2.54	11,810	10,870	0.92		1,492	78.33		
ベ 8 D 12	95	20.03	19.97	320	69.73	69.21	67.47	0.54	0.54	0.53	2.58	11,300	10,270	0.91		1,681	88.25		
ベ 8 G 2	95	20.02	20.02	320	71.01	70.78	67.36	0.55	0.55	0.53	5.08	11,340	9,537	0.84		1,778	93.35		
平均値	—	—	—	—	66.76	66.27	64.66	0.52	0.51	0.50	2.49	11,591	10,493	0.90	—	1,602	84.09	—	—
最大値	—	—	—	—	71.01	70.78	67.50	0.55	0.55	0.53	5.08	12,730	11,620	0.95	—	1,778	93.35	—	—
最小値	—	—	—	—	62.55	61.96	60.77	0.48	0.47	0.46	1.92	10,050	8,904	0.84	—	1,391	73.03	—	—
標準偏差	—	—	—	—	2.74	2.75	2.48	0.02	0.02	0.02	0.71	691	773	0.03	—	118	6.18	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	4.10	4.15	3.84	4.25	4.30	3.95	28.5	5.96	7.36	2.93	—	7.35	7.35	—	—

表 4-37 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 B（ $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ ）・常温）

試験体名	温度条件 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	寸法[mm]			質量[g]		密度[ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm $^2$ ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm $^2$ ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
ベ 2 B 2	20	20.29	20.22	320	71.43	66.43	0.54	0.51	7.53	11,720	11,590	0.99	0.96	2,272	119.3	1.0	0.81
ベ 8 A 12	20	20.25	20.10	320	66.79	61.38	0.51	0.47	8.81	9,365	9,032	0.96		1,677	88.04		
ベ 4 D 7	20	20.12	20.19	320	68.94	63.16	0.53	0.49	9.15	11,050	10,990	0.99		1,886	99.02		
ベ 1 A 3	20	20.14	20.20	320	69.22	62.39	0.53	0.48	10.9	12,230	12,220	1.0		1,918	100.7		
ベ 1 C 5	20	19.91	20.20	320	69.49	62.57	0.54	0.49	11.1	12,600	12,290	0.98		1,817	95.39		
ベ 1 C 3	20	19.99	20.10	320	71.58	64.41	0.56	0.50	11.1	12,250	12,320	1.0		1,932	101.4		
ベ 6 C 15	20	19.94	20.01	320	72.33	65.07	0.57	0.51	11.2	11,930	12,070	1.0		1,935	101.6		
ベ 3 C 16	20	19.97	20.02	320	69.19	62.19	0.54	0.49	11.3	11,990	11,820	0.99		1,847	96.97		
ベ 0 Z 2	20	20.03	20.07	320	70.69	63.51	0.55	0.49	11.3	12,870	12,600	0.98		2,057	108.0		
ベ 5 H 2	20	19.87	20.13	320	71.96	64.62	0.56	0.50	11.4	12,420	12,510	1.0		1,953	102.5		
ベ 6 A 2	20	20.03	20.04	320	72.25	64.85	0.56	0.51	11.4	11,730	11,640	0.99		2,020	106.1		
ベ 5 C 3	20	19.99	20.05	320	72.30	64.77	0.56	0.51	11.6	11,350	11,490	1.0		1,935	101.6		
ベ 3 C 10	20	20.34	20.26	320	71.48	64.01	0.54	0.49	11.7	12,380	12,390	1.0		1,910	100.3		
ベ 2 D 16	20	20.18	20.26	320	74.36	66.57	0.57	0.51	11.7	12,240	12,100	0.99		1,951	102.4		
ベ 4 B 2	20	20.29	20.23	320	67.53	60.10	0.51	0.46	12.4	8,945	8,787	0.98		1,566	82.22		
平均値	—	—	—	—	70.64	63.74	0.55	0.49	10.8	11,671	11,590	0.99	—	1,912	100.4	—	—
最大値	—	—	—	—	74.36	66.57	0.57	0.51	12.4	12,870	12,600	1.0	—	2,272	119.3	—	—
最小値	—	—	—	—	66.79	60.10	0.51	0.46	7.53	8,945	8,787	0.96	—	1,566	82.22	—	—
標準偏差	—	—	—	—	2.05	1.80	0.02	0.02	1.30	1,126	1,172	0.01	—	159	8.37	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	2.90	2.83	3.31	3.13	12.0	9.65	10.1	1.40	—	8.34	8.34	—	—

表 4-38 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 B（ $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ ）・ $50^{\circ}\text{C}$ ）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
② 2 a 17	50	20.14	20.17	320	77.91	77.95	71.90	0.60	0.60	0.55	8.41	9,236	8,816	0.95	0.96	1,790	93.98	0.80	0.84
② 4 d 7	50	19.58	19.64	321	72.29	72.27	66.64	0.59	0.59	0.54	8.45	6,966	6,215	0.89		1,480	77.70		
② 3 c 6	50	20.04	20.15	321	77.41	77.4	71.36	0.60	0.60	0.55	8.46	7,484	6,783	0.91		1,636	85.89		
② 5 a 4	50	19.99	20.21	321	79.35	79.34	73.10	0.61	0.61	0.56	8.54	8,097	7,914	0.98		1,817	95.39		
① 2 c 9	50	19.72	19.91	320	75.58	75.58	69.60	0.60	0.60	0.55	8.59	7,680	6,116	0.80		1,603	84.16		
② 2 a 10	50	20.09	20.02	321	75.90	75.88	69.87	0.59	0.59	0.54	8.60	6,554	7,026	1.1		1,626	85.37		
① 4 b 12	50	19.93	19.64	319	74.14	74.13	68.16	0.59	0.59	0.55	8.76	8,042	7,045	0.88		1,690	88.73		
② 2 c 10	50	20.05	19.19	320	79.09	79.06	72.67	0.64	0.64	0.59	8.79	8,758	8,264	0.94		1,618	84.95		
② 6 a 11	50	20.02	20.06	320	77.13	77.11	70.73	0.60	0.60	0.55	9.02	8,168	7,780	0.95		1,717	90.14		
② 6 b 7	50	20.09	20.12	320	78.09	78.06	71.50	0.60	0.60	0.55	9.17	8,704	7,511	0.86		1,708	89.67		
② 1 b 21	50	20.34	20.51	320	80.23	80.21	73.43	0.60	0.60	0.55	9.23	8,129	6,801	0.84		1,391	73.03		
② 5 b 24	50	20.11	20.04	321	78.77	78.73	72.07	0.61	0.61	0.56	9.24	8,622	7,949	0.92		1,793	94.13		
② 5 a 24	50	20.09	20.14	320	79.00	78.98	72.25	0.61	0.61	0.56	9.31	8,953	7,875	0.88		1,798	94.40		
	42	20.38	20.47	320	103.25	103.05	89.88	0.77	0.77	0.67	14.7	6,683	7,220	1.1		1,382	72.56		
	65	50	20.36	20.37	320	98.26	98.02	85.74	0.74	0.74	0.65	14.3	6,878	6,915		1.0	1,242		
平均値	—	—	—	—	80.43	80.38	73.26	0.62	0.62	0.57	9.57	7,930	7,349	0.93	—	1,619	85.02	—	—
最大値	—	—	—	—	103.25	103.05	89.88	0.77	0.77	0.67	14.7	9,236	8,816	1.1	—	1,817	95.39	—	—
最小値	—	—	—	—	72.29	72.27	66.64	0.59	0.59	0.54	8.41	6,554	6,116	0.80	—	1,242	65.21	—	—
標準偏差	—	—	—	—	8.57	8.50	6.24	0.06	0.06	0.04	2.02	862	755	0.08	—	174	9.13	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	10.66	10.57	8.51	8.97	8.89	6.89	21.1	10.9	10.3	8.64	—	10.7	10.7	—	—



表 4-39 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 B（5%＜含水率 W≤15%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
ベ 8 A 8	80	19.80	19.91	320	69.09	68.6	64.33	0.55	0.54	0.51	6.64	11.873	9.647	0.81	0.79	1,690	88.73	0.66	0.73
ベ 5 H 1	80	20.26	20.38	320	67.85	67.56	62.80	0.51	0.51	0.48	7.58	12.680	10.180	0.80		1,572	82.53		
ベ 3 B 4	80	19.96	20.10	320	67.04	66.92	62.12	0.52	0.52	0.48	7.73	11,470	9,074	0.79		1,537	80.69		
ベ 4 F 4	80	19.87	19.92	320	71.86	72.14	66.57	0.57	0.57	0.53	8.37	12,270	7,982	0.65		1,627	85.42		
ベ 1 H 4	80	20.00	20.13	320	70.35	70.03	63.45	0.55	0.54	0.49	10.4	12,290	11,060	0.90		1,326	69.62		
ベ 0 Z 3	80	20.14	20.26	320	72.32	71.97	64.83	0.55	0.55	0.50	11.0	11,150	8,750	0.78		1,122	58.91		
ベ 7 B 4	80	20.04	20.08	320	70.88	70.39	63.40	0.55	0.55	0.49	11.0	10,088	8,167	0.81		1,123	58.96		
ベ 7 C 15	80	19.99	20.01	320	72.29	71.85	64.71	0.56	0.56	0.51	11.0	11,433	7,915	0.69		1,222	64.16		
ベ 1 B 11	80	20.29	20.26	320	69.51	69.18	62.20	0.53	0.53	0.47	11.2	11,000	11,740	1.1		1,183	62.11		
ベ 7 A 4	80	19.93	19.94	320	65.41	65.04	58.45	0.51	0.51	0.46	11.3	10,645	5,322	0.50		1,013	53.18		
ベ 4 A 1	80	20.05	20.08	320	74.44	74.08	66.45	0.58	0.58	0.52	11.5	11,500	8,522	0.74		1,323	69.46		
ベ 3 H 2	80	20.09	20.08	320	70.16	69.79	62.59	0.54	0.54	0.48	11.5	9,647	9,557	0.99		1,138	59.75		
ベ 1 H 2	80	20.17	20.16	320	70.03	69.68	62.42	0.54	0.54	0.48	11.6	10,390	7,911	0.76		1,097	57.59		
ベ 6 D 13	80	19.96	20.00	320	69.87	69.46	62.22	0.55	0.54	0.49	11.6	11,160	6,589	0.59		1,072	56.28		
ベ 4 D 15	80	20.32	20.26	320	73.56	73.03	65.29	0.56	0.55	0.50	11.9	8,684	7,021	0.81		987	51.82		
ベ 0 Z 4	80	20.22	20.14	320	73.93	73.54	64.08	0.57	0.56	0.49	14.8	10,330	7,263	0.70		1,012	53.13		
平均値	—	—	—	—	70.54	70.20	63.49	0.55	0.54	0.49	10.6	11,038	8,544	0.78	—	1,253	65.77	—	—
最大値	—	—	—	—	74.44	74.08	66.57	0.58	0.58	0.53	14.8	12,680	11,740	1.1	—	1,690	88.73	—	—
最小値	—	—	—	—	65.41	65.04	58.45	0.51	0.51	0.46	6.64	8,684	5,322	0.50	—	987	51.82	—	—
標準偏差	—	—	—	—	2.50	2.49	1.98	0.02	0.02	0.02	2.03	1,049	1,657	0.14	—	234	12.3	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	3.54	3.54	3.12	3.51	3.54	3.41	19.3	9.51	19.4	18.0	—	18.7	18.7	—	—

表 4-40 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 B（5%＜含水率 W≤15%）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
ベ 5 C 1	95	20.20	20.28	320	69.64	68.80	63.74	0.53	0.52	0.49	7.94	10,620	9,722	0.92	0.67	1,241	65.15	0.49	0.58
ベ 7 B 1	95	20.31	20.24	320	66.71	66.33	61.00	0.51	0.50	0.46	8.74	10,200	8,446	0.83		1,180	61.95		
ベ 7 B 12	95	19.71	19.93	320	72.94	70.81	64.86	0.58	0.56	0.52	9.17	11,260	7,256	0.64		958	50.30		
ベ 2 A 2	95	19.83	19.95	320	74.24	72.95	65.97	0.59	0.58	0.52	10.6	10,630	4,020	0.38		997	52.34		
ベ 5 C 14	95	19.99	20.01	320	73.73	72.61	65.34	0.58	0.57	0.51	11.1	8,714	6,237	0.72		995	52.24		
ベ 6 A 1	95	20.01	20.00	320	73.40	72.37	65.04	0.57	0.57	0.51	11.3	10,670	4,631	0.43		951	49.93		
ベ 6 A 12	95	20.08	20.11	320	67.85	66.88	60.05	0.53	0.52	0.46	11.4	9,362	7,751	0.83		875	45.94		
ベ 7 C 6	95	20.11	20.08	320	66.20	65.54	58.79	0.51	0.51	0.45	11.5	10,380	7,728	0.74		815	42.79		
ベ 4 D 5	95	20.25	20.15	320	68.69	68.11	61.01	0.53	0.52	0.47	11.6	8,793	7,213	0.82		830	43.58		
ベ 1 A 1	95	20.11	20.15	320	73.34	72.69	65.10	0.57	0.56	0.50	11.7	9,340	8,160	0.87		978	51.35		
ベ 8 D 13	95	19.97	19.88	320	73.04	72.51	64.90	0.57	0.57	0.51	11.7	11,330	5,701	0.50		948	49.77		
ベ 8 F 6	95	20.32	20.27	320	71.11	70.58	63.05	0.54	0.54	0.48	11.9	9,416	6,553	0.70		877	46.04		
ベ 5 C 2	95	20.06	20.10	321	73.67	73.24	65.32	0.57	0.57	0.51	12.1	11,880	5,630	0.47		1,008	52.92		
ベ 1 C 10	95	20.06	20.15	320	73.99	72.03	63.30	0.57	0.56	0.49	13.8	11,180	9,047	0.81		822	43.16		
ベ 1 E 1	95	20.36	20.28	320	74.76	72.90	63.99	0.57	0.55	0.48	13.9	10,090	6,352	0.63		766	40.22		
ベ 6 D 13	95	19.90	20.13	320	72.38	71.66	62.20	0.56	0.56	0.49	15.2	11,320	8,164	0.72		636	33.39		
平均値	—	—	—	—	71.61	70.63	63.35	0.55	0.55	0.49	11.5	10,324	7,038	0.69	—	930	48.82	—	—
最大値	—	—	—	—	74.76	73.24	65.97	0.59	0.58	0.52	15.2	11,880	9,722	0.92	—	1,241	65.15	—	—
最小値	—	—	—	—	66.20	65.54	58.79	0.51	0.50	0.45	7.94	8,714	4,020	0.38	—	636	33.39	—	—
標準偏差	—	—	—	—	2.85	2.62	2.16	0.03	0.02	0.02	1.87	968	1,567	0.17	—	149	7.81	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	3.98	3.72	3.41	4.72	4.43	4.24	16.3	9.38	22.3	24.0	—	16.0	16.0	—	—

表 4-41 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 C（15%＜含水率 W≤30%）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
ベ 1 C 14	20	20.13	20.14	320	72.38	62.43	0.56	0.48	15.9	11,460	12,070	1.1	0.97	1,602	84.11	1.0	0.57
ベ 4 B 6	20	20.25	20.28	320	74.88	64.40	0.57	0.49	16.3	10,970	11,530	1.1		1,686	88.52		
ベ 0 Z 5	20	19.98	20.04	320	76.50	65.77	0.60	0.51	16.3	13,250	13,090	0.99		1,657	86.99		
ベ 3 H 4	20	20.20	20.15	320	72.02	61.89	0.55	0.48	16.4	11,580	11,050	0.95		1,556	81.69		
ベ 2 D 3	20	20.20	20.27	320	77.54	66.33	0.59	0.51	16.9	13,410	12,100	0.90		1,746	91.67		
ベ 2 D 8	20	20.21	20.22	320	83.90	67.57	0.64	0.52	24.2	12,520	12,580	1.0		1,451	76.18		
ベ 1 C 1	20	20.06	20.04	320	78.28	62.67	0.61	0.49	24.9	11,320	11,350	1.0		1,223	64.21		
ベ 8 C 9	20	20.19	20.14	320	83.75	66.90	0.64	0.51	25.2	12,700	12,600	0.99		1,410	74.03		
ベ 8 D 10	20	20.19	20.10	320	81.08	64.70	0.62	0.50	25.3	11,210	11,200	1.0		1,261	66.20		
ベ 3 H 3	20	20.17	20.10	320	79.30	63.26	0.61	0.49	25.4	11,350	11,200	0.99		1,293	67.88		
ベ 4 B 8	20	20.27	20.37	320	75.57	60.28	0.57	0.46	25.4	9,747	9,660	0.99		1,132	59.43		
ベ 1 E 3	20	20.03	20.04	320	79.13	63.11	0.62	0.49	25.4	11,570	11,490	0.99		1,293	67.88		
ベ 0 Z 8	20	20.07	20.17	320	75.26	60.00	0.58	0.46	25.4	9,001	9,185	1.0		1,115	58.54		
ベ 1 E 6	20	20.10	20.15	320	80.73	64.23	0.62	0.50	25.7	12,760	12,780	1.0		1,377	72.29		
ベ 1 B 5	20	20.12	20.11	320	79.72	63.33	0.62	0.49	25.9	12,080	12,050	1.0		1,218	63.95		
ベ 3 E 5	20	20.40	20.21	320	80.30	63.64	0.61	0.48	26.2	12,600	12,760	1.0	1,322	69.41			
ベ 1 A 8	20	20.18	20.21	320	81.14	64.30	0.62	0.49	26.2	11,950	11,970	1.0	1,152	60.48			
ベ 8 B 9	20	20.36	20.33	320	80.04	63.10	0.60	0.48	26.8	11,630	11,580	1.0	1,177	61.79			
ベ 4 D 6	20	20.34	20.33	320	82.05	64.58	0.62	0.49	27.1	11,370	11,140	0.98	1,141	59.90			
ベ 2 D 5	20	19.97	20.06	320	76.90	60.44	0.60	0.47	27.2	11,050	11,190	1.0	1,132	59.43			
平均値	-	-	-	-	78.52	63.65	0.60	0.49	23.4	11,676	11,629	1.0	-	1,347	70.73	-	-
最大値	-	-	-	-	83.90	67.57	0.64	0.52	27.2	13,410	13,090	1.1	-	1,746	91.67	-	-
最小値	-	-	-	-	72.02	60.00	0.55	0.46	15.9	9,001	9,185	0.90	-	1,115	58.54	-	-
標準偏差	-	-	-	-	3.37	2.08	0.03	0.02	4.23	1,073	984	0.03	-	205	10.7	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	4.29	3.27	4.22	3.30	18.1	9.19	8.46	3.14	-	15.2	15.2	-	-



表 4-42 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 C（15%＜含水率 W≦30%）・50℃）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
ベ 5 H 6	50	19.84	19.99	320	75.23	75.04	64.52	0.59	0.59	0.51	16.3	11,280	6,514	0.58	0.83	1,378	72.35	0.77	0.49
ベ 5 A 7	50	20.26	20.50	320	76.54	76.39	65.48	0.58	0.58	0.49	16.7	12,060	7,140	0.59		1,431	75.13		
ベ 3 B 12	50	20.24	20.22	320	78.93	77.95	63.99	0.60	0.60	0.49	21.8	10,250	10,070	0.98		1,005	52.76		
ベ 2 D 10	50	20.00	20.07	320	78.15	77.50	62.97	0.61	0.60	0.49	23.1	10,030	9,962	0.99		1,010	53.03		
ベ 2 F 1	50	20.27	20.21	320	82.81	82.43	66.94	0.63	0.63	0.51	23.1	12,140	11,860	0.98		1,148	60.27		
ベ 1 C 7	50	19.72	20.04	320	77.23	76.59	61.55	0.61	0.61	0.49	24.4	9,647	9,958	1.0		993	52.13		
ベ 3 B 16	50	19.94	19.96	320	76.36	75.94	60.56	0.60	0.60	0.48	25.4	9,355	9,647	1.0		977	51.29		
ベ 8 B 12	50	20.29	20.31	320	84.50	83.89	66.86	0.64	0.64	0.51	25.5	10,670	10,320	0.97		1,048	55.02		
ベ 6 D 2	50	19.94	20.01	320	79.53	79.07	62.85	0.62	0.62	0.49	25.8	9,672	9,450	0.98		971	50.98		
ベ 7 A 1	50	20.06	19.94	320	80.47	79.87	63.14	0.63	0.62	0.49	26.5	8,893	9,604	1.1		977	51.29		
ベ 2 D 6	50	20.01	20.01	320	81.29	80.94	63.90	0.63	0.63	0.50	26.7	9,958	10,719	1.1		987	51.82		
ベ 7 H 5	50	20.28	20.32	320	83.54	82.67	65.23	0.63	0.63	0.49	26.7	11,433	11,873	1.0		1,071	56.23		
ベ 2 G 4	50	19.96	20.00	320	82.96	82.32	64.89	0.65	0.64	0.51	26.9	8,366	8,366	1.0		867	45.52		
ベ 6 C 5	50	20.00	20.08	320	79.13	78.50	61.66	0.62	0.61	0.48	27.3	9,355	10,290	1.1		967	50.77		
ベ 6 D 9	50	20.28	20.27	320	82.60	81.83	64.23	0.63	0.62	0.49	27.4	10,660	9,116	0.86		935	49.09		
ベ 5 B 2	50	19.94	19.88	320	74.93	74.43	58.36	0.59	0.59	0.46	27.5	9,270	8,575	0.92		855	44.89		
ベ 8 B 4	50	19.90	20.04	320	80.01	79.64	62.33	0.63	0.62	0.49	27.8	9,485	9,895	1.0		928	48.72		
平均値	-	-	-	-	79.66	79.12	63.50	0.62	0.61	0.49	24.6	10,148	9,609	0.96	-	1,032	54.19	-	-
最大値	-	-	-	-	84.50	83.89	66.94	0.65	0.64	0.51	27.8	12,140	11,873	1.1	-	1,431	75.13	-	-
最小値	-	-	-	-	74.93	74.43	58.36	0.58	0.58	0.46	16.3	8,366	6,514	0.58	-	855	44.89	-	-
標準偏差	-	-	-	-	2.99	2.91	2.21	0.02	0.02	0.01	3.52	1,085	1,403	0.15	-	156	8.21	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	3.75	3.67	3.49	3.21	3.15	2.62	14.3	10.7	14.6	15.9	-	15.2	15.2	-	-

表 4-43 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 C（15%＜含水率 W≦30%）・80℃）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
ベ 6 G 6	80	19.97	19.95	320	72.71	72.48	62.75	0.57	0.57	0.49	15.5	12,280	6,338	0.52	0.65	1,031	54.13	0.49	0.38
ベ 6 B 10	80	20.04	19.98	320	75.78	75.02	64.88	0.59	0.59	0.51	15.6	9,800	8,795	0.90		967	50.77		
ベ 4 D 10	80	20.21	20.11	320	75.02	74.53	64.43	0.58	0.57	0.50	15.7	12,250	9,528	0.78		911	47.83		
ベ 4 G 2	80	20.37	20.20	320	76.68	76.24	65.83	0.58	0.58	0.50	15.8	12,140	8,680	0.71		958	50.30		
ベ 1 A 6	80	19.79	19.82	320	75.99	74.51	61.49	0.61	0.59	0.49	21.2	8,912	6,294	0.71		511	26.83		
ベ 8 A 11	80	20.09	19.99	320	78.59	76.32	62.15	0.61	0.59	0.48	22.8	8,467	5,977	0.71		558	29.30		
ベ 5 H 5	80	20.27	20.10	320	80.10	78.53	63.88	0.61	0.60	0.49	22.9	9,149	6,870	0.75		607	31.87		
ベ 3 B 11	80	19.95	20.07	320	77.72	76.10	61.84	0.61	0.58	0.48	23.1	8,557	6,421	0.75		553	29.03		
ベ 8 D 2	80	20.01	20.03	320	81.03	77.87	63.21	0.63	0.61	0.49	23.2	7,163	5,356	0.75		577	30.29		
ベ 6 B 9	80	20.30	20.20	320	78.11	75.37	61.04	0.60	0.57	0.47	23.5	9,810	6,690	0.68		548	28.77		
ベ 6 G 2	80	20.04	20.05	320	82.74	80.93	65.17	0.64	0.63	0.51	24.2	8,499	7,378	0.87		616	32.34		
ベ 7 C 14	80	19.81	19.91	320	81.95	80.01	64.42	0.65	0.63	0.51	24.2	9,765	7,101	0.73		577	30.29		
ベ 8 B 8	80	19.97	19.96	320	76.85	75.50	60.71	0.60	0.59	0.48	24.4	8,808	6,842	0.78		530	27.83		
ベ 8 G 3	80	20.21	20.01	320	84.44	83.29	66.85	0.65	0.64	0.52	24.6	10,390	7,440	0.72		617	32.39		
ベ 1 C 2	80	20.08	20.16	320	81.18	80	64.14	0.63	0.62	0.50	24.7	8,459	5,921	0.70		548	28.77		
ベ 0 Z 7	80	19.92	20.03	320	79.72	78.27	62.45	0.62	0.61	0.49	25.3	8,039	7,063	0.88		563	29.56		
ベ 6 D 10	80	20.28	20.36	320	83.31	81.2	64.73	0.63	0.61	0.49	25.4	7,806	6,971	0.89		610	32.03		
ベ 3 C 3	80	20.11	20.16	320	83.72	82.34	65.25	0.65	0.64	0.50	26.2	9,956	8,357	0.84		623	32.71		
ベ 6 B 11	80	20.02	19.97	320	80.84	79.57	62.96	0.63	0.62	0.49	26.4	10,040	6,348	0.63		565	29.66		
平均値	-	-	-	-	79.29	77.79	63.59	0.62	0.60	0.49	22.4	9,489	7,072	0.75	-	656	34.46	-	-
最大値	-	-	-	-	84.44	83.29	66.85	0.65	0.64	0.52	26.4	12,280	9,528	0.90	-	1,031	54.13	-	-
最小値	-	-	-	-	72.71	72.48	60.71	0.57	0.57	0.47	15.5	7,163	5,356	0.52	-	511	26.83	-	-
標準偏差	-	-	-	-	3.27	3.00	1.71	0.03	0.02	0.01	3.76	1,477	1,087	0.10	-	169	8.86	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	4.13	3.86	2.69	4.07	3.79	2.49	16.8	15.6	15.4	12.7	-	25.7	25.7	-	-

表 4-44 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 C（15%＜含水率 W≦30%）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)							破壊 (高温時)
ベ 1 A 7	95	19.90	20.03	320	75.41	74.51	64.19	0.59	0.58	0.50	16.1	12,160	8,231	0.68	0.52	655	34.39	0.38	0.32
ベ 1 C 7	95	20.22	20.17	320	71.39	73.75	63.39	0.55	0.57	0.49	16.3	11,540	4,135	0.36		962	50.51		
ベ 7 H 2	95	20.29	20.30	319	76.55	75.64	64.99	0.58	0.58	0.49	16.4	10,690	8,237	0.77		667	35.02		
ベ 7 A 2	95	20.33	20.32	320	82.71	79.01	66.07	0.63	0.60	0.50	19.6	9,822	5,602	0.57		460	24.15		
ベ 7 B 6	95	19.85	19.91	320	82.16	80.01	66.51	0.65	0.63	0.53	20.3	8,994	3,862	0.43		408	21.42		
ベ 8 D 9	95	20.16	20.16	320	77.16	74.46	61.47	0.59	0.57	0.47	21.1	8,151	5,405	0.66		457	23.99		
ベ 1 C 13	95	20.30	20.30	320	79.08	76.15	62.85	0.60	0.58	0.48	21.2	9,229	6,270	0.68		488	25.62		
ベ 4 A 8	95	20.35	20.32	320	81.48	78.48	64.26	0.62	0.59	0.49	22.1	10,100	5,985	0.59		505	26.51		
ベ 3 H 6	95	20.23	20.15	320	81.41	79.02	64.54	0.62	0.61	0.49	22.4	10,250	5,390	0.53		492	25.83		
ベ 1 C 6	95	20.06	20.02	320	79.25	77.67	63.37	0.62	0.60	0.49	22.6	9,669	5,642	0.58		475	24.94		
ベ 2 D 4	95	20.01	19.95	320	83.03	81.08	65.63	0.65	0.63	0.51	23.5	7,916	5,452	0.69	482	25.31			
ベ 4 G 6	95	20.37	20.23	320	81.61	79.05	63.83	0.62	0.60	0.48	23.8	7,790	4,921	0.63	472	24.78			
ベ 1 A 4	95	20.17	20.24	320	74.89	73.31	58.98	0.57	0.56	0.45	24.3	7,752	4,563	0.59	392	20.58			
ベ 1 C 11	95	20.12	20.12	320	79.68	77.77	62.53	0.62	0.60	0.48	24.4	9,598	5,593	0.58	467	24.52			
ベ 4 B 9	95	20.25	20.19	320	79.68	74.93	60.16	0.59	0.57	0.46	24.6	7,640	4,002	0.52	407	21.37			
ベ 6 A 9	95	20.38	20.23	320	78.93	76.19	60.97	0.60	0.58	0.46	25.0	8,531	4,329	0.51	412	21.63			
ベ 4 G 3	95	20.26	20.19	320	83.85	81.72	64.09	0.64	0.62	0.49	27.5	8,483	5,043	0.59	523	27.46			
ベ 4 A 7	95	20.13	20.14	320	84.35	82.54	64.71	0.65	0.64	0.50	27.6	9,765	6,052	0.62	498	26.15			
平均値	-	-	-	-	79.44	77.52	63.47	0.61	0.60	0.49	22.2	9,338	5,484	0.59	-	512	26.90	-	-
最大値	-	-	-	-	84.35	82.54	66.51	0.65	0.64	0.53	27.6	12,160	8,237	0.77	-	962	50.51	-	-
最小値	-	-	-	-	71.39	73.31	58.98	0.55	0.56	0.45	16.1	7,640	3,862	0.36	-	392	20.58	-	-
標準偏差	-	-	-	-	3.51	2.81	2.03	0.03	0.02	0.02	3.45	1,315	1,230	0.10	-	134	7.05	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	4.42	3.62	3.20	4.66	4.06	3.82	15.6	14.1	22.4	16.5	-	26.2	26.2	-	-

表 4-45 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 D（含水率 W&gt;30%）・常温）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
ベ 8 B 3	20	20.00	20.00	320	87.38	65.59	0.68	0.51	33.2	9,227	10,580	1.1	0.87	1,040	54.60	1.0	0.48
ベ 3 C 4	20	20.00	20.00	320	88.19	63.16	0.69	0.49	39.6	8,957	11,580	1.3		1,168	61.32		
ベ 3 B 3	20	20.00	20.00	320	91.12	61.38	0.71	0.48	48.5	7,815	10,540	1.3		1,091	57.28		
ベ 3 E 3	20	20.00	20.00	320	97.09	63.77	0.76	0.50	52.3	9,737	11,230	1.2		1,405	73.76		
ベ 7 B 7	20	20.00	20.00	320	90.53	59.38	0.71	0.46	52.5	8,299	9,203	1.1		1,153	60.53		
ベ 2 A 1	20	20.00	20.00	320	101.14	65.11	0.79	0.51	55.3	10,160	11,090	1.1		1,307	68.62		
ベ 7 H 3	20	20.01	20.08	320	106.05	65.98	0.82	0.51	60.7	12,400	13,350	1.1		1,300	68.25		
ベ 8 A 7	20	19.95	20.01	320	113.13	70.01	0.89	0.55	61.6	13,200	12,830	0.97		1,278	67.10		
ベ 8 B 6	20	20.12	20.06	321	108.54	66.48	0.84	0.51	63.3	11,990	12,410	1.0		1,248	65.52		
ベ 1 B 7	20	20.08	20.15	320	94.60	57.20	0.73	0.44	65.4	7,323	7,211	0.98		955	50.14		
ベ 8 G 5	20	19.95	20.14	320	110.85	66.23	0.86	0.52	67.4	12,590	12,570	1.0		1,276	66.99		
ベ 3 A 5	20	20.27	20.31	320	95.18	56.37	0.72	0.43	68.8	9,558	10,180	1.1		977	51.29		
ベ 8 D 5	20	19.88	19.98	320	104.25	61.11	0.82	0.48	70.6	9,550	9,570	1.0		1,162	61.01		
ベ 2 A 6	20	20.07	20.12	320	91.71	53.68	0.71	0.42	70.8	7,463	8,073	1.1		867	45.52		
ベ 1 A 11	20	20.28	20.16	320	95.88	55.79	0.73	0.43	71.9	8,824	9,021	1.0		916	48.09		
ベ 8 B 1	20	20.27	20.31	320	98.52	54.55	0.75	0.41	80.6	8,393	8,836	1.1		882	46.31		
平均値	-	-	-	-	98.39	61.61	0.76	0.48	60.2	9,718	10,517	1.1	-	1,127	59.14	-	-
最大値	-	-	-	-	113.13	70.01	0.89	0.55	80.6	13,200	13,350	1.3	-	1,405	73.76	-	-
最小値	-	-	-	-	87.38	53.68	0.68	0.41	33.2	7,323	7,211	0.97	-	867	45.52	-	-
標準偏差	-	-	-	-	8.14	4.96	0.06	0.04	12.58	1,876	1,786	0.11	-	170	8.95	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	8.27	8.05	8.47	8.72	20.9	19.3	17.0	9.67	-	15.1	15.1	-	-

表 4-46 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 D（含水率 W&gt;30%）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)							破壊 (高温時)
ベ 8 D 16	50	20.00	20.00	320	89.40	88.17	67.39	0.70	0.69	0.53	30.8	10,030	7,215	0.72	0.64	1,002	52.61	0.82	0.44
ベ 0 Z 6	50	20.00	20.00	320	91.78	91.08	65.11	0.72	0.71	0.51	39.9	9,912	8,993	0.91		918	48.20		
ベ 6 G 1	50	20.00	20.00	320	98.23	97.15	65.68	0.77	0.76	0.51	47.9	10,250	9,341	0.91		997	52.34		
ベ 6 A 11	50	20.00	20.00	320	88.25	86.92	58.09	0.69	0.68	0.45	49.6	8,085	8,318	1.0		812	42.63		
ベ 4 F 3	50	20.00	20.00	320	101.76	101.05	66.03	0.80	0.79	0.52	53.0	10,350	7,980	0.77		1,013	53.18		
ベ 2 B 7	50	20.00	20.00	320	91.36	90.55	58.50	0.71	0.71	0.46	54.8	8,696	6,882	0.79		768	40.32		
ベ 8 F 4	50	20.01	20.10	320	110.49	107.80	67.60	0.86	0.84	0.53	59.5	10,220	5,997	0.59		1,182	62.06		
ベ 7 H 4	50	19.95	20.06	320	107.68	105.30	65.78	0.84	0.82	0.51	60.1	12,020	8,501	0.71		1,096	57.54		
ベ 8 D 4	50	19.98	20.02	320	110.66	109.98	67.88	0.86	0.86	0.53	62.0	10,230	8,407	0.82		1,161	60.95		
ベ 7 E 1	50	20.05	20.02	320	116.08	111.04	66.17	0.90	0.86	0.52	67.8	10,060	7,260	0.72		986	51.77		
ベ 8 A 5	50	20.06	19.98	320	93.70	93.14	55.39	0.73	0.73	0.43	68.2	7,303	5,507	0.75		856	44.94		
ベ 7 A 11	50	20.15	20.22	320	94.65	94.12	55.66	0.73	0.72	0.43	69.1	8,788	6,616	0.75		896	47.04		
ベ 1 C 12	50	20.00	20.09	320	100.26	99.58	58.67	0.78	0.77	0.46	69.7	8,621	8,271	0.96		801	42.05		
ベ 3 A 11	50	20.14	20.11	320	97.66	96.93	56.58	0.75	0.75	0.44	71.3	8,369	6,643	0.79		766	40.22		
ベ 1 A 10	50	20.07	20.01	320	96.40	95.80	55.89	0.75	0.75	0.43	71.4	9,328	7,251	0.78		817	42.89		
ベ 2 B 1	50	20.23	20.46	320	95.89	95.13	53.67	0.73	0.72	0.41	77.2	8,082	5,476	0.68		756	39.69		
平均値	-	-	-	-	99.02	97.73	61.51	0.77	0.76	0.48	59.5	9,397	7,416	0.80	-	927	48.65	-	-
最大値	-	-	-	-	116.08	111.04	67.88	0.90	0.86	0.53	77.2	12,020	9,341	1.0	-	1,182	62.06	-	-
最小値	-	-	-	-	88.25	86.92	53.67	0.69	0.68	0.41	30.8	7,303	5,476	0.59	-	756	39.69	-	-
標準偏差	-	-	-	-	8.28	7.53	5.30	0.07	0.06	0.04	12.77	1,193	1,190	0.12	-	141	7.39	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	8.36	7.70	8.61	8.49	7.83	9.12	21.5	12.7	16.0	15.0	-	15.2	15.2	-	-

表 4-47 実験結果詳細一覧（バイマツ・試験体群 D（含水率 W&gt;30%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)							破壊 (高温時)
ベ 8 D 6	80	20.00	20.00	320	88.40	86.86	66.00	0.69	0.68	0.52	31.6	9,378	5,493	0.59	0.51	552	28.98	0.56	0.37
ベ 7 C 11	80	20.00	20.00	320	91.48	90.18	64.72	0.71	0.70	0.51	39.3	8,579	6,639	0.77		563	29.56		
ベ 7 A 3	80	20.00	20.00	320	90.14	88.78	61.16	0.70	0.69	0.48	45.2	10,290	6,123	0.60		551	28.93		
ベ 6 D 14	80	20.00	20.00	320	95.77	94.42	63.57	0.75	0.74	0.50	48.5	10,250	6,155	0.60		552	28.98		
ベ 4 F 1	80	20.00	20.00	320	101.88	100.71	67.43	0.80	0.79	0.53	49.4	12,390	6,701	0.54		687	36.07		
ベ 2 F 4	80	20.24	20.22	320	105.47	104.18	67.50	0.81	0.80	0.52	54.3	14,032	8,820	0.63		742	38.96		
ベ 5 C 13	80	20.00	20.00	320	98.55	96.96	62.56	0.77	0.76	0.49	55.0	10,200	6,105	0.60		570	29.93		
ベ 2 D 12	80	19.81	19.99	320	110.41	109.22	67.53	0.87	0.86	0.53	61.7	11,620	6,535	0.56		653	34.28		
ベ 7 A 10	80	20.02	19.88	319	92.33	91.10	56.01	0.73	0.72	0.44	62.6	9,129	7,016	0.77		591	31.03		
ベ 7 B 8	80	20.23	20.22	320	95.78	93.52	57.41	0.73	0.71	0.44	62.9	9,647	5,416	0.56		668	35.07		
ベ 1 A 5	80	20.13	20.17	320	95.41	94.15	57.57	0.74	0.73	0.44	63.5	9,135	4,405	0.48		638	33.50		
ベ 8 F 1	80	20.07	20.08	320	115.71	112.74	67.63	0.90	0.87	0.52	66.7	9,097	4,403	0.48		826	43.37		
ベ 7 H 1	80	19.89	20.03	320	108.99	107.82	64.42	0.85	0.85	0.51	67.4	12,200	3,673	0.30		671	35.23		
ベ 1 B 3	80	20.14	20.18	320	98.67	97.22	58	0.76	0.75	0.45	67.6	9,179	3,307	0.36		601	31.55		
ベ 8 A 6	80	20.18	20.16	320	93.6	94.26	55.39	0.72	0.72	0.43	70.2	6,204	3,302	0.53		606	31.82		
ベ 8 B 2	80	20.08	20.02	320	98.76	98.48	57.49	0.77	0.77	0.45	71.3	9,447	4,074	0.43		676	35.49		
平均値	-	-	-	-	98.83	97.54	62.15	0.77	0.76	0.48	57.3	10,049	5,510	0.55	-	634	33.29	-	-
最大値	-	-	-	-	115.71	112.74	67.63	0.90	0.87	0.53	71.3	14,032	8,820	0.77	-	826	43.37	-	-
最小値	-	-	-	-	88.40	86.86	55.39	0.69	0.68	0.43	31.6	6,204	3,302	0.30	-	551	28.93	-	-
標準偏差	-	-	-	-	7.81	7.59	4.55	0.06	0.06	0.04	11.72	1,823	1,543	0.12	-	77	4.05	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	7.90	7.78	7.33	8.04	7.92	7.71	20.4	18.1	28.0	22.7	-	12.2	12.2	-	-

表 4-48 実験結果詳細一覧（ベイマツ・試験体群 D（含水率 W&gt;30%）・95℃）

試験体名			温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm³]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm²]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm²]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
				幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
ベ 5	A	3	95	20.00	20.00	320	90.67	89.07	66.69	0.71	0.70	0.52	33.6	9,547	4,434	0.46	0.40	427	22.42	0.41	0.29
ベ 4	F	6	95	20.00	20.00	320	88.49	86.77	63.69	0.69	0.68	0.50	36.2	12,740	5,275	0.41		453	23.78		
ベ 4	B	10	95	20.00	20.00	320	95.91	94.44	67.97	0.75	0.74	0.53	38.9	10,710	4,447	0.42		455	23.89		
ベ 2	G	1	95	20.00	20.00	320	99.55	98.24	66.47	0.78	0.77	0.52	47.8	9,843	4,106	0.42		471	24.73		
ベ 2	A	12	95	20.00	20.00	320	91.53	90.15	59.49	0.72	0.70	0.46	51.5	8,608	3,627	0.42		416	21.84		
ベ 7	B	5	95	20.00	20.00	320	101.97	100.18	66.08	0.80	0.78	0.52	51.6	8,446	3,760	0.45		442	23.21		
ベ 8	D	8	95	20.27	20.11	320	106.63	104.68	67.67	0.82	0.80	0.52	54.7	10,640	5,096	0.48		718	37.70		
ベ 8	G	1	95	20.18	20.18	320	106.67	104.88	67.38	0.82	0.80	0.52	55.7	11,500	5,972	0.52		570	29.93		
ベ 2	B	3	95	20.14	20.12	320	93.16	90.26	57.72	0.72	0.70	0.45	56.4	9,451	4,371	0.46		481	25.25		
ベ 7	B	9	95	20.05	20.15	320	93.02	90.14	56.64	0.72	0.70	0.44	59.1	10,160	3,957	0.39		392	20.58		
ベ 8	F	3	95	20.33	20.37	320	114.61	108.42	67.35	0.86	0.82	0.51	61.0	8,279	2,425	0.29		453	23.78		
ベ 3	B	9	95	20.36	20.32	320	96.23	93.44	57.74	0.73	0.71	0.44	61.8	9,167	4,333	0.47		392	20.58		
ベ 1	B	9	95	20.07	20.13	320	94.80	91.99	56.19	0.73	0.71	0.43	63.7	9,170	4,454	0.49		390	20.48		
ベ 1	C	8	95	20.14	20.06	320	99.57	97.74	58.75	0.77	0.76	0.45	66.4	9,338	4,371	0.47		407	21.37		
ベ 8	B	11	95	20.09	20.21	320	113.63	111.68	66.61	0.87	0.86	0.51	67.7	11,810	3,456	0.29		512	26.88		
ベ 1	B	8	95	20.17	19.99	320	97.08	95.56	54.04	0.75	0.74	0.42	76.8	8,302	3,017	0.36		356	18.69		
平均値			-	-	-	-	98.97	96.73	62.53	0.76	0.75	0.48	55.2	9,857	4,194	0.43	-	458	24.07	-	-
最大値			-	-	-	-	114.61	111.68	67.97	0.87	0.86	0.53	76.8	12,740	5,972	0.52	-	718	37.70	-	-
最小値			-	-	-	-	88.49	86.77	54.04	0.69	0.68	0.42	33.6	8,279	2,425	0.29	-	356	18.69	-	-
標準偏差			-	-	-	-	7.87	7.44	5.05	0.06	0.05	0.04	11.80	1,321	858	0.06	-	87	4.56	-	-
変動係数[%]			-	-	-	-	7.95	7.70	8.08	7.32	7.19	8.20	21.4	13.4	20.5	15.3	-	18.9	18.9	-	-

ケヤキ：試験体群 A（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 B（常温、50℃、80℃、95℃）  
試験体群 C（常温、50℃、80℃、95℃）、試験体群 D（常温、50℃、80℃、95℃）

表 4-49 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
② 6 b 3	20	20.09	20.18	321	72.20	70.93	0.55	0.55	1.79	7.924	8.039	1.0	1.0	2.185	114.7	1.0	1.0
① 2 b 17	20	19.21	19.72	320	69.42	68.12	0.57	0.56	1.91	7.055	6.960	0.99		1.742	91.46		
② 1 a 18	20	19.47	19.53	321	69.32	68.01	0.57	0.56	1.93	7.004	7.260	1.0		1.887	99.07		
② 3 c 12	20	20.14	20.13	321	70.11	68.72	0.54	0.53	2.02	7.681	7.868	1.0		2.046	107.4		
② 3 c 8	20	20.22	20.10	320	73.10	71.65	0.56	0.55	2.02	7.491	7.633	1.0		1.927	101.2		
② 6 b 16	20	20.12	20.16	321	73.14	71.66	0.56	0.55	2.07	8.804	8.967	1.0		2.197	115.3		
② 6 a 8	20	20.05	20.02	320	70.02	68.80	0.55	0.53	2.07	7.760	7.936	1.0		1.967	103.3		
② 6 a 7	20	20.05	20.00	320	72.46	70.99	0.56	0.55	2.07	7.435	7.777	1.0		1.973	103.6		
② 5 a 3	20	20.11	20.22	321	72.67	71.19	0.56	0.55	2.08	7.877	7.989	1.0		2.101	110.3		
② 2 c 14	20	20.19	20.19	320	75.99	74.43	0.58	0.57	2.10	8.112	8.503	1.0		2.637	138.4		
① 4 a 2	20	20.14	20.03	320	69.83	68.37	0.54	0.53	2.14	7.602	7.916	1.0		2.112	110.9		
② 5 d 10	20	20.14	20.12	321	73.77	72.20	0.57	0.56	2.17	8.404	8.546	1.0		2.235	117.3		
② 4 a 4	20	19.54	19.64	320	70.20	68.60	0.57	0.56	2.33	7.087	7.203	1.0		1.722	90.41		
② 6 b 8	20	20.16	20.19	321	72.35	70.55	0.55	0.54	2.55	8.102	8.108	1.0		2.167	113.8		
② 5 d 6	20	20.16	20.15	320	72.52	70.6	0.56	0.54	2.72	8.556	8.676	1.0		2.127	111.7		
平均値	-	-	-	-	71.81	70.31	0.56	0.55	2.13	7.793	7.959	1.0	-	2.068	108.6	-	-
最大値	-	-	-	-	75.99	74.43	0.58	0.57	2.72	8.804	8.967	1.0	-	2.637	138.4	-	-
最小値	-	-	-	-	69.32	68.01	0.54	0.53	1.79	7.004	6.960	0.99	-	1.722	90.41	-	-
標準偏差	-	-	-	-	1.92	1.85	0.01	0.01	0.24	543	561	0.02	-	223	11.7	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	2.67	2.64	2.17	2.19	11.3	6.97	7.05	1.62	-	10.8	10.8	-	-

表 4-50 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)					
② 4 d 8	50	19.48	19.51	320	66.84	66.8	65.72	0.55	0.55	0.54	1.64	6.438	6.253	0.97	1.0	1.452	76.23
② 4 d 9	50	19.78	19.76	320	74.32	74.28	72.96	0.59	0.59	0.58	1.81	7.436	7.033	0.95		1.807	94.87
① 5 b 15	50	20.07	19.97	320	72.86	72.83	71.48	0.57	0.57	0.56	1.89	7.963	8.035	1.0		1.950	102.4
① 2 a 18	50	19.56	19.91	320	74.88	74.88	73.47	0.60	0.60	0.59	1.92	7.133	6.828	0.96		1.777	93.29
① 2 b 13	50	19.95	20.09	320	69.10	69.1	67.78	0.54	0.54	0.53	1.95	7.152	6.832	0.96		1.685	88.46
① 4 d 14	50	20.19	19.76	320	71.04	71.06	69.68	0.56	0.56	0.55	1.98	8.110	7.787	0.96		1.962	103.0
② 5 b 12	50	20.16	20.16	320	75.90	75.86	74.38	0.58	0.58	0.57	1.99	9.215	9.035	0.98		2.293	120.4
① 2 a 21	50	20.34	20.36	320	74.61	74.59	73.13	0.56	0.56	0.55	2.00	8.019	7.885	0.98		1.860	97.65
① 1 c 8	50	19.90	20.10	320	72.05	72.04	70.60	0.56	0.56	0.55	2.04	7.130	6.838	0.96		1.732	90.93
② 5 d 1	50	20.16	20.22	320	71.53	71.5	70.07	0.55	0.55	0.54	2.04	7.707	7.496	0.97		1.861	97.70
② 2 a 21	50	20.27	20.22	321	74.72	74.7	73.20	0.57	0.57	0.56	2.05	8.573	8.517	0.99		2.198	115.4
② 3 c 15	50	20.16	20.19	320	71.64	71.6	70.16	0.55	0.55	0.54	2.05	7.871	7.677	0.98		1.880	98.70
① 5 d 5	50	20.35	20.40	320	75.54	75.5	73.96	0.57	0.57	0.56	2.08	7.493	6.994	0.93		1.900	99.75
① 4 b 23	50	19.72	20.03	320	76.86	76.8	75.13	0.61	0.61	0.59	2.22	9.571	9.348	0.98		2.396	125.8
② 3 a 18	50	20.29	20.35	320	75.44	75.42	73.63	0.57	0.57	0.56	2.43	8.098	7.842	0.97		2.015	105.8
平均値	-	-	-	-	73.16	73.13	71.69	0.57	0.57	0.56	2.01	7.861	7.627	0.97	-	1.918	100.7
最大値	-	-	-	-	76.86	76.80	75.13	0.61	0.61	0.59	2.43	9.571	9.348	1.0	-	2.396	125.8
最小値	-	-	-	-	66.84	66.80	65.72	0.54	0.54	0.53	1.64	6.438	6.253	0.93	-	1.452	76.23
標準偏差	-	-	-	-	2.78	2.77	2.65	0.02	0.02	0.02	0.18	817	870	0.02	-	240	12.6
変動係数[%]	-	-	-	-	3.80	3.79	3.70	3.55	3.54	3.51	8.80	10.4	11.4	1.94	-	12.5	12.5

表 4-51 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時	非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)					
② 2 c 7	80	20.21	20.21	320	70.36	70.29	69.03	0.54	0.54	0.53	1.83	7.491	6.937	0.93	1.0	1.615	84.79
② 4 a 15	80	19.78	19.64	321	71.43	71.37	70.09	0.57	0.57	0.56	1.83	7.631	7.230	0.95		1.727	90.67
① 4 b 15	80	19.68	19.95	320	72.46	72.41	71.09	0.58	0.58	0.57	1.86	7.475	7.050	0.94		1.708	89.67
① 1 c 11	80	19.92	19.87	320	70.09	70.02	68.71	0.55	0.55	0.54	1.91	7.660	7.235	0.94		1.611	84.58
② 5 d 7	80	20.16	20.22	320	70.75	70.68	69.34	0.54	0.54	0.53	1.93	8.215	7.752	0.94		1.786	93.77
① 1 c 16	80	20.00	20.02	320	70.45	70.4	69.06	0.55	0.55	0.54	1.94	7.400	7.021	0.95		1.532	80.43
① 5 b 4	80	19.72	20.05	319	72.94	72.88	71.48	0.58	0.58	0.57	1.96	7.092	6.630	0.93		1.601	84.05
① 1 a 9	80	20.11	19.63	320	73.03	72.96	71.54	0.58	0.58	0.57	1.98	8.381	7.965	0.95		1.828	95.97
① 4 d 13	80	19.98	19.81	320	69.89	69.85	68.48	0.55	0.55	0.54	2.00	7.604	7.095	0.93		1.677	88.04
② 5 d 15	80	20.19	20.17	320	73.69	73.6	72.15	0.57	0.56	0.55	2.01	8.236	7.673	0.93		1.825	95.81
② 6 d 11	80	20.06	20.00	320	73.52	73.45	72.00	0.57	0.57	0.56	2.01	8.450	7.892	0.93		1.762	92.51
② 5 d 11	80	20.12	20.12	321	72.81	72.77	71.32	0.56	0.56	0.55	2.03	8.289	7.689	0.93		1.843	96.76
② 2 b 1	80	20.13	20.18	320	77.18	77.1	75.41	0.59	0.59	0.58	2.24	7.980	7.417	0.93		1.692	88.83
② 2 c 1	80	20.08	20.15	321	74.90	74.83	73.15	0.58	0.58	0.56	2.30	7.857	7.172	0.91		1.757	92.24
② 3 b 5	80	20.15	20.24	320	76.53	76.44	74.61	0.59	0.59	0.57	2.45	8.415	7.725	0.92		1.817	95.39
平均値	-	-	-	-	72.67	72.60	71.16	0.57	0.57	0.55	2.02	7.878	7.366	0.94	-	1.719	90.23
最大値	-	-	-	-	77.18	77.10	75.41	0.59	0.59	0.58	2.45	8.450	7.965	0.95	-	1.843	96.76
最小値	-	-	-	-	69.89	69.85	68.48	0.54	0.54	0.53	1.83	7.092	6.630	0.91	-	1.532	80.43
標準偏差	-	-	-	-	2.27	2.26	2.11	0.02	0.02	0.02	0.18	434	397	0.01	-	96	5.06
変動係数[%]	-	-	-	-	3.12	3.11	2.97	2.90	2.90	2.80	8.86	5.50	5.39	1.20	-	5.61	5.61

表 4-52 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 A（含水率  $W \leq 5\%$ ）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
① 2 c 16	95	19.98	20.08	320	67.82	67.63	66.61	0.53	0.53	0.52	1.53	7.080	6.378	0.90	1.0	1,481	77.75	0.75	1.0
② 4 d 5	95	19.61	19.86	321	73.51	73.31	72.20	0.59	0.59	0.58	1.54	6.841	5.905	0.86		1,363	71.56		
① 5 d 1	95	20.29	20.56	320	76.61	76.51	75.28	0.57	0.57	0.56	1.63	7.497	6.725	0.90		1,583	83.11		
② 3 a 5	95	20.01	19.90	321	68.99	68.82	67.70	0.54	0.54	0.53	1.65	7.596	6.715	0.88		1,443	75.76		
① 4 b 4	95	19.92	19.94	320	73.60	73.43	72.15	0.58	0.58	0.57	1.77	7.481	6.941	0.93		1,592	83.58		
② 1 c 15	95	20.22	20.36	321	77.72	77.52	76.15	0.59	0.59	0.58	1.80	8.345	7.467	0.89		1,598	83.90		
② 5 d 16	95	20.15	20.12	320	73.93	73.77	72.46	0.57	0.57	0.56	1.81	8.394	7.521	0.90		1,612	84.63		
① 2 c 14	95	19.89	19.96	320	68.70	68.48	67.25	0.54	0.54	0.53	1.83	6.717	5.894	0.88		1,376	72.24		
① 1 b 2	95	20.02	20.22	320	75.36	75.12	73.73	0.58	0.58	0.57	1.89	7.062	6.186	0.88		1,256	65.94		
① 1 c 10	95	19.98	19.92	320	70.83	70.72	69.41	0.56	0.56	0.54	1.89	7.463	6.745	0.90		1,450	76.13		
② 6 d 13	95	20.00	20.09	321	76.69	76.51	75.08	0.59	0.59	0.58	1.90	9.211	8.331	0.90		1,805	94.76		
① 1 a 13	95	20.04	19.45	320	71.65	71.5	70.15	0.57	0.57	0.56	1.92	7.685	6.934	0.90		1,670	87.68		
② 3 a 21	95	20.23	20.14	321	76.84	76.67	75.22	0.59	0.59	0.58	1.93	8.778	7.890	0.90		1,772	93.03		
② 4 a 12	95	19.58	19.61	320	68.49	68.28	66.97	0.56	0.56	0.55	1.96	7.117	6.318	0.89		1,467	77.02		
② 6 a 20	95	20.03	20.1	320	75.26	75.08	73.6	0.58	0.58	0.57	2.01	9.869	8.681	0.88		1,933	101.48		
平均値	-	-	-	-	73.07	72.89	71.60	0.57	0.57	0.56	1.80	7.809	6.975	0.89	-	1,560	81.90	-	-
最大値	-	-	-	-	77.72	77.52	76.15	0.59	0.59	0.58	2.01	9.869	8.681	0.93	-	1,933	101.48	-	-
最小値	-	-	-	-	67.82	67.63	66.61	0.53	0.53	0.52	1.53	6.717	5.894	0.86	-	1,256	65.94	-	-
標準偏差	-	-	-	-	3.42	3.43	3.35	0.02	0.02	0.02	0.15	920	847	0.02	-	183	9.60	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	4.68	4.70	4.67	3.60	3.61	3.56	8.35	11.8	12.1	1.74	-	11.7	11.7	-	-

表 4-53 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 B（5%＜含水率  $W \leq 15\%$ ）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
① 1 a 21	20	19.76	19.89	320	78.05	71.97	0.62	0.57	8.45	8,080	8,104	1.0	1.1	2,045	107.4	1.0	0.98
① 5 a 12	20	20.35	20.24	320	83.05	76.50	0.63	0.58	8.56	9,287	9,510	1.0		2,256	118.4		
① 4 d 10	20	19.81	19.70	320	73.95	68.06	0.59	0.54	8.65	7,822	8,016	1.0		1,958	102.8		
① 2 a 9	20	20.12	19.18	320	74.55	68.57	0.60	0.56	8.72	8,295	8,406	1.0		1,967	103.3		
② 3 a 17	20	20.12	20.31	320	79.67	73.14	0.61	0.56	8.93	9,445	9,498	1.0		2,315	121.5		
① 1 c 12	20	19.98	20.26	320	74.76	68.61	0.58	0.53	8.96	7,781	8,000	1.0		1,892	99.33		
② 3 c 10	20	20.26	20.34	320	77.32	70.80	0.59	0.54	9.21	8,408	8,498	1.0		2,092	109.8		
② 2 b 2	20	20.15	20.20	320	81.51	74.62	0.63	0.57	9.23	8,785	8,939	1.0		2,083	109.4		
② 3 c 13	20	20.01	20.35	320	77.93	71.32	0.60	0.55	9.27	8,738	8,804	1.0		2,002	105.1		
② 5 a 23	20	20.18	20.17	321	76.99	70.41	0.59	0.54	9.35	9,253	9,158	0.99		2,241	117.7		
① 5 d 6	20	20.43	20.47	319	80.18	73.23	0.60	0.55	9.49	8,359	8,389	1.0		2,092	109.8		
① 5 d 3	20	20.52	20.49	320	83.73	76.45	0.62	0.57	9.52	8,835	9,142	1.0		2,207	115.9		
② 2 c 11	20	20.04	20.10	321	75.48	68.91	0.58	0.53	9.53	8,345	8,536	1.0		1,947	102.2		
② 2 c 4	20	20.17	20.09	320	78.28	71.27	0.60	0.55	9.84	8,070	8,235	1.0		1,950	102.4		
② 4 d 6	20	19.6	19.57	320	76.98	68.85	0.63	0.56	11.8	7,287	7,331	1.0		1,966	103.2		
13	20	20.38	20.47	320	105.03	91.71	0.79	0.69	14.5	9,863	9,683	0.98		2,282	119.8		
57	20	20.43	20.37	320	93.69	82.07	0.70	0.62	14.2	7,149	7,205	1.0		1,268	66.57		
47	20	20.34	20.39	320	108.68	94.35	0.82	0.71	15.2	8,054	8,122	1.0		1,701	89.30		
41	20	20.51	20.43	320	113.21	98.20	0.84	0.73	15.3	7,831	8,081	1.0		2,012	105.6		
72	20	20.65	20.54	320	96.35	83.52	0.71	0.62	15.4	9,911	10,080	1.0		2,325	122.1		
① 4 a 15	20	20.01	20.09	320	85.30	73.90	0.66	0.57	15.4	10,088	9,869	0.98		2,015	105.8		
平均値	-	-	-	-	84.51	76.02	0.65	0.58	10.9	8,556	8,648	1.0	-	2,029	106.5	-	-
最大値	-	-	-	-	113.21	98.20	0.84	0.73	15.4	10,088	10,080	1.0	-	2,325	122.1	-	-
最小値	-	-	-	-	73.95	68.06	0.58	0.53	8.45	7,149	7,205	0.98	-	1,268	66.57	-	-
標準偏差	-	-	-	-	11.80	8.90	0.08	0.06	2.73	837	792	0.02	-	235	12.3	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	14.0	11.7	12.3	10.0	25.0	9.78	9.16	1.49	-	11.6	11.6	-	-

表 4-54 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 B（5%＜含水率  $W \leq 15\%$ ）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]		寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前		試験時	全乾時							非破壊 (高温時)
② 2 a 17	50	20.14	20.17	320	77.91	77.95	71.90	0.60	0.60	0.55	8.41	9.236	8.816	0.95	1,790	93.98			
② 4 d 7	50	19.58	19.64	321	72.29	72.27	66.64	0.59	0.59	0.54	8.45	6.966	6.215	0.89	1,480	77.70			
② 3 c 6	50	20.04	20.15	321	77.41	77.4	71.36	0.60	0.60	0.55	8.46	7.484	6.783	0.91	1,636	85.89			
② 5 a 4	50	19.99	20.21	321	79.35	79.34	73.10	0.61	0.61	0.56	8.54	8.097	7.914	0.98	1,817	95.39			
① 2 c 9	50	19.72	19.91	320	75.58	75.58	69.60	0.60	0.60	0.55	8.59	7.680	6.116	0.80	1,603	84.16			
② 2 a 10	50	20.09	20.02	321	75.90	75.88	69.87	0.59	0.59	0.54	8.60	6.554	7.026	1.1	1,626	85.37			
① 4 b 12	50	19.93	19.64	319	74.14	74.13	68.16	0.59	0.59	0.55	8.76	8.042	7.045	0.88	1,690	88.73			
② 2 c 10	50	20.05	19.19	320	79.09	79.06	72.67	0.64	0.64	0.59	8.79	8.758	8.264	0.94	1,618	84.95	0.80	0.84	
② 6 a 11	50	20.02	20.06	320	77.13	77.11	70.73	0.60	0.60	0.55	9.02	8.168	7.780	0.95	1,717	90.14			
② 6 b 7	50	20.09	20.12	320	78.09	78.06	71.50	0.60	0.60	0.55	9.17	8.704	7.511	0.86	1,708	89.67			
② 1 b 21	50	20.34	20.51	320	80.23	80.21	73.43	0.60	0.60	0.55	9.23	8.129	6.801	0.84	1,391	73.03			
② 5 b 24	50	20.11	20.04	321	78.77	78.73	72.07	0.61	0.61	0.56	9.24	8.622	7.949	0.92	1,793	94.13			
② 5 a 24	50	20.09	20.14	320	79.00	78.98	72.25	0.61	0.61	0.56	9.31	8.953	7.875	0.88	1,798	94.40			
	42	50	20.38	20.47	320	103.25	103.05	89.88	0.77	0.77	0.67	14.7	6.683	7.220	1.1	1,382	72.56		
	65	50	20.36	20.37	320	98.26	98.02	85.74	0.74	0.74	0.65	14.3	6.878	6.915	1.0	1,242	65.21		
平均値	—	—	—	—	80.43	80.38	73.26	0.62	0.62	0.57	9.57	7.930	7.349	0.93	—	1,619	85.02	—	—
最大値	—	—	—	—	103.25	103.05	89.88	0.77	0.77	0.67	14.65	9.236	8.816	1.1	—	1,817	95.39	—	—
最小値	—	—	—	—	72.29	72.27	66.64	0.59	0.59	0.54	8.41	6.554	6.116	0.80	—	1,242	65.21	—	—
標準偏差	—	—	—	—	8.57	8.50	6.24	0.06	0.06	0.04	2.02	862	755	0.08	—	174	9.13	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	10.66	10.57	8.51	8.97	8.89	6.89	2.11	10.9	10.3	8.64	—	10.7	10.7	—	—

表 4-55 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 B（5%＜含水率 W≤15%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
② 4 d 3	80	19.62	19.66	322	73.67	73.64	68.24	0.59	0.59	0.55	7.91	6.452	5.698	0.88	0.85	1,052	55.23	0.55	0.65
② 3 b 18	80	20.16	20.17	320	80.80	80.68	74.64	0.62	0.62	0.57	8.09	9.070	7.799	0.86		1,312	68.88		
① 2 c 10	80	19.72	20.23	320	73.48	73.43	67.90	0.58	0.58	0.53	8.14	6.916	6.027	0.87		1,146	60.17		
② 4 d 10	80	19.64	19.60	320	76.99	76.95	71.15	0.63	0.62	0.58	8.15	7.520	6.438	0.86		1,123	58.96		
② 5 a 8	80	20.02	20.09	320	74.51	74.46	68.80	0.58	0.58	0.53	8.23	8.363	5.539	0.66		1,171	61.48		
② 2 c 12	80	20.11	20.10	321	72.73	72.66	67.10	0.56	0.56	0.52	8.29	7.670	5.396	0.70		1,065	55.91		
② 5 b 8	80	20.09	20.10	321	78.41	78.37	72.31	0.60	0.60	0.56	8.38	7.859	6.985	0.89		1,207	63.37		
② 5 d 5	80	20.05	20.16	320	77.77	77.73	71.66	0.60	0.60	0.55	8.47	8.506	6.591	0.77		1,187	62.32		
② 6 d 7	80	20.15	20.05	321	76.86	76.79	70.64	0.59	0.59	0.54	8.71	8.170	6.621	0.81		1,163	61.06		
② 5 b 19	80	19.17	20.05	321	80.25	80.18	73.69	0.65	0.65	0.60	8.81	7.510	5.506	0.73		1,017	53.39		
② 2 a 5	80	20.14	20.19	320	76.39	76.35	70.11	0.59	0.59	0.54	8.90	6.797	6.518	0.96		1,092	57.33		
② 6 b 15	80	20.16	20.13	320	83.63	83.55	76.60	0.64	0.64	0.59	9.07	8.606	7.128	0.83		1,137	59.69		
44	80	20.48	20.54	320	96.03	95.51	82.90	0.71	0.71	0.62	15.2	9.089	5.405	0.59		750	39.38		
平均値	—	—	—	—	78.58	78.48	71.98	0.61	0.61	0.56	8.95	7.887	6.281	0.80	—	1,109	58.24	—	—
最大値	—	—	—	—	96.03	95.51	82.90	0.71	0.71	0.62	15.2	9.089	7.799	0.96	—	1,312	68.88	—	—
最小値	—	—	—	—	72.73	72.66	67.10	0.56	0.56	0.52	7.91	6.452	5.396	0.59	—	750	39.38	—	—
標準偏差	—	—	—	—	6.12	6.01	4.29	0.04	0.04	0.03	1.91	845	759	0.10	—	132	6.93	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	7.79	7.65	5.97	6.61	6.50	5.15	21.4	10.7	12.1	12.9	—	11.9	11.9	—	—

表 4-56 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 B（5%＜含水率 W≤15%）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
① 4 b 16	95	20.27	19.91	320	74.82	74.73	69.45	0.58	0.58	0.54	7.60	7.763	5.470	0.70	0.64	926	48.62	0.38	0.49
② 4 d 11	95	19.57	19.58	321	74.73	74.56	69.29	0.61	0.61	0.56	7.61	7.945	5.534	0.70		870	45.68		
② 4 a 3	95	19.46	19.57	321	74.03	73.93	68.70	0.61	0.60	0.56	7.61	6.789	5.686	0.84		882	46.31		
② 6 a 4	95	20.13	20.09	321	74.62	74.55	69.20	0.57	0.57	0.53	7.73	7.772	6.147	0.79		907	47.62		
② 3 c 5	95	19.93	19.92	320	77.86	77.71	71.97	0.61	0.61	0.57	7.98	7.739	5.462	0.71		847	44.47		
② 6 a 15	95	20.08	20.12	321	77.43	77.29	71.56	0.60	0.60	0.55	8.01	8.864	6.144	0.69		1,003	52.66		
① 4 a 12	95	20.32	20.05	320	79.44	79.35	73.31	0.61	0.61	0.56	8.24	9.116	6.322	0.69		1,052	55.23		
② 3 c 14	95	20.15	20.14	321	80.64	80.44	74.30	0.62	0.62	0.57	8.26	8.906	6.550	0.74		891	46.78		
② 6 d 6	95	20.05	20.13	321	76.07	75.01	69.21	0.59	0.58	0.53	8.38	8.128	6.279	0.77		912	47.88		
② 5 b 7	95	20.15	20.19	320	82.41	82.27	75.88	0.63	0.63	0.58	8.42	8.376	4.715	0.56		896	47.04		
② 6 d 14	95	20.11	20.05	321	82.97	82.84	76.15	0.64	0.64	0.59	8.79	8.718	6.741	0.77		982	51.56		
18	95	20.30	20.25	320	102.98	102.02	89.28	0.78	0.78	0.68	14.3	7.072	1.683	0.24		512	26.88		
21	95	20.35	20.31	320	103.00	102.1	89.00	0.78	0.77	0.67	14.7	7.491	1.870	0.25		517	27.14		
22	95	20.35	20.57	320	106.13	104.77	91.39	0.79	0.78	0.68	14.6	7.553	2.106	0.28		603	31.66		
33	95	20.40	20.54	320	99.98	98.88	86.01	0.75	0.74	0.64	15.0	8.609	2.361	0.27		546	28.67		
36	95	20.51	20.36	320	95.83	94.41	82.95	0.72	0.71	0.62	13.8	7.361	2.013	0.27		537	28.19		
69	95	20.49	20.49	320	95.33	94.28	82.41	0.71	0.70	0.61	14.4	8.002	2.614	0.33		577	30.29		
② 6 d 15	95	20.1	20.13	320	86.45	86.2	74.91	0.67	0.67	0.58	15.1	8.758	4.807	0.55		641	33.65		
78	95	20.61	20.53	320	109.59	108.6	94.21	0.81	0.80	0.70	15.3	8.364	2.187	0.26		563	29.56		
平均値	—	—	—	—	87.07	86.52	77.85	0.67	0.66	0.60	10.8	8.070	4.457	0.55	—	772	40.52	—	—
最大値	—	—	—	—	109.59	108.60	94.21	0.81	0.80	0.70	15.3	9.116	6.741	0.84	—	1,052	55.23	—	—
最小値	—	—	—	—	74.03	73.93	68.70	0.57	0.57	0.53	7.60	6.789	1.683	0.24	—	512	26.88	—	—
標準偏差	—	—	—	—	12.37	11.97	8.56	0.08	0.08	0.05	3.37	660	1.912	0.23	—	192	10.1	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	14.2	13.8	11.0	12.1	11.8	8.98	31.1	8.18	42.9	41.5	—	24.8	24.8	—	—

表 4-57 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 C（15%＜含水率 W≤30%）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊						
① 1 a 5	20	19.93	20.13	320	81.84	70.55	0.64	0.55	16.0	9.026	7.981	0.88	1.0	1,985	104.2	1.0	0.87
② 5 d 4	20	20.18	20.14	320	85.61	72.20	0.66	0.56	18.6	8.795	8.644	0.98		1,827	95.92		
① 4 d 5	20	20.35	19.54	320	80.22	67.59	0.63	0.53	18.7	7.977	7.956	1.0		1,720	90.30		
① 2 c 15	20	20.23	20.40	320	83.50	70.32	0.63	0.53	18.7	7.622	8.186	1.1		1,665	87.41		
② 5 d 2	20	20.17	20.01	321	83.63	70.07	0.65	0.54	19.4	8.366	8.273	0.99		1,877	98.54		
① 5 b 8	20	19.80	20.00	320	81.56	68.21	0.64	0.54	19.6	7.795	8.169	1.0		1,680	88.20		
② 1 b 19	20	19.42	19.78	320	91.38	75.73	0.74	0.62	20.7	9.800	9.465	0.97		1,433	75.23		
② 3 a 1	20	20.24	20.01	320	86.32	70.78	0.67	0.55	22.0	8.366	8.586	1.0		1,872	98.28		
② 5 a 12	20	20.09	20.16	320	88.14	72.10	0.68	0.56	22.2	8.366	8.556	1.0		1,930	101.3		
② 5 a 15	20	20.08	20.23	320	87.24	70.40	0.67	0.54	23.9	8.366	8.341	1.0		1,881	98.75		
9	20	20.39	20.26	320	95.37	81.23	0.72	0.61	17.4	8.726	8.772	1.0		1,842	96.71		
19	20	20.21	20.40	320	107.56	89.47	0.82	0.68	20.2	8.002	8.156	1.0		1,522	79.91		
34	20	20.22	20.41	320	102.26	87.85	0.77	0.67	16.4	8.216	8.367	1.0		1,935	101.6		
43	20	20.11	20.13	320	111.35	94.97	0.86	0.73	17.2	6.631	6.583	0.99		1,542	80.96		
45	20	20.47	20.36	320	101.84	87.1	0.76	0.65	16.9	8.091	8.142	1.0		1,842	96.71		
55	20	20.48	20.56	320	105.12	86.72	0.78	0.64	21.2	8.284	8.271	1.0		1,857	97.49		
62	20	20.22	20.55	320	107.65	91.52	0.81	0.69	17.6	7.248	7.167	0.99	1,550	81.38			
63	20	20.40	20.22	320	108.66	93.34	0.82	0.71	16.4	8.047	7.911	0.98	1,852	97.23			
64	20	20.37	20.36	320	112.95	93.25	0.85	0.70	21.1	8.822	8.644	0.98	1,998	104.9			
67	20	20.52	20.63	320	105.22	90.65	0.78	0.67	16.1	8.467	8.577	1.0	2,132	111.9			
平均値	-	-	-	-	95.37	80.20	0.73	0.61	19.0	8.251	8.237	1.0	-	1,797	94.35	-	-
最大値	-	-	-	-	112.95	94.97	0.86	0.73	23.9	9.800	9.465	1.1	-	2,132	111.9	-	-
最小値	-	-	-	-	80.22	67.59	0.63	0.53	16.0	6.631	6.583	0.88	-	1,433	75.23	-	-
標準偏差	-	-	-	-	11.51	10.17	0.08	0.07	2.30	664	592	0.04	-	181.59	9.53	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	12.1	12.7	10.9	11.5	12.1	8.05	7.18	3.69	-	10.1	10.1	-	-

表 4-58 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 C（15%＜含水率 W≦30%）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
② 4 d 15	50	19.70	19.83	320	83.54	83.52	71.80	0.67	0.67	0.57	16.3	8.071	7.547	0.94	0.93	1,368	71.82	0.70	0.66
② 6 d 4	50	20.29	20.00	320	82.08	81.98	70.45	0.63	0.63	0.54	16.4	7.496	7.014	0.94		1,317	69.14		
① 1 a 14	50	20.10	19.60	320	85.64	85.68	72.88	0.68	0.68	0.58	17.6	10.030	8.762	0.87		1,330	69.83		
② 6 d 2	50	20.13	20.15	321	84.24	84.1	70.99	0.65	0.65	0.55	18.5	8.255	7.236	0.88		1,283	67.36		
② 3 a 9	50	20.00	19.93	321	81.97	81.71	68.76	0.64	0.64	0.54	18.8	7.188	6.930	0.96		1,151	60.43		
② 3 b 22	50	20.28	20.36	320	92.65	92.5	77.79	0.70	0.70	0.59	18.9	9.917	8.800	0.89		1,261	66.20		
② 2 c 13	50	20.07	20.12	321	86.96	86.88	72.93	0.67	0.67	0.56	19.1	9.510	8.487	0.89		1,207	63.37		
① 4 d 6	50	19.64	19.42	320	83.26	83	68.00	0.68	0.68	0.56	22.1	7.250	7.436	1.0		1,248	65.52		
② 5 a 11	50	20.04	20.09	321	89.07	88.71	72.39	0.69	0.69	0.56	22.5	8.154	7.579	0.93		1,227	64.42		
② 5 d 12	50	20.13	20.10	320	87.33	87.15	69.77	0.67	0.67	0.54	24.9	8.545	7.649	0.90		1,270	66.68		
② 2 b 14	50	20.11	20.06	320	103.42	103.02	79.39	0.80	0.80	0.61	29.8	10.310	9.555	0.93		1,100	57.75		
2	50	20.21	20.53	320	111.49	110.28	93.94	0.84	0.83	0.71	17.4	7.375	7.045	0.96		1,397	73.34		
7	50	20.60	20.26	320	95.97	95.8	82.16	0.72	0.72	0.62	16.6	6.644	5.855	0.88		1,197	62.84		
23	50	20.71	20.42	320	105.89	105.70	91.34	0.78	0.78	0.67	15.7	6.911	6.755	0.98		1,187	62.32		
32	50	20.53	20.49	320	107.02	106.80	89.24	0.80	0.79	0.66	19.7	7.793	6.384	0.82		1,296	68.04		
37	50	20.33	20.36	320	114.53	114.30	95.90	0.86	0.86	0.72	19.2	6.693	6.800	1.0		1,342	70.46		
49	50	20.32	20.53	320	103.28	103.06	87.08	0.77	0.77	0.65	18.4	6.171	6.253	1.0		1,180	61.95		
52	50	20.25	20.66	320	100.53	100.32	86.08	0.75	0.75	0.64	16.5	7.436	6.222	0.84		1,177	61.79		
59	50	20.04	20.09	321	102.59	102.37	86.69	0.79	0.79	0.67	18.1	7.243	5.972	0.82		1,317	69.14		
61	50	20.02	20.23	320	94.49	94.23	79.66	0.73	0.73	0.61	18.3	6.904	5.622	0.81		968	50.82		
66	50	20.42	20.31	320	108.93	108.70	93.43	0.82	0.82	0.70	16.3	6.660	5.414	0.81		1,062	55.76		
73	50	20.07	20.06	320	102.09	101.90	87.29	0.79	0.79	0.68	16.7	6.751	5.996	0.89		1,302	68.36		
74	50	20.26	20.38	320	109.80	109.58	92.10	0.83	0.83	0.70	19.0	8.033	7.194	0.90		1,406	73.82		
79	50	20.28	20.5	320	109.79	109.66	94.78	0.83	0.82	0.71	15.7	8.267	7.272	0.88		1,606	84.32		
平均値	—	—	—	—	96.94	96.71	81.45	0.74	0.74	0.62	18.9	7.817	7.074	0.91	—	1,258	66.06	—	—
最大値	—	—	—	—	114.53	114.30	95.90	0.86	0.86	0.72	29.8	10.310	9.555	1.0	—	1,606	84.32	—	—
最小値	—	—	—	—	81.97	81.71	68.00	0.63	0.63	0.54	15.7	6.171	5.414	0.81	—	968	50.82	—	—
標準偏差	—	—	—	—	10.86	10.77	9.61	0.07	0.07	0.06	3.22	1.152	1.059	0.06	—	129	6.76	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	11.2	11.1	11.8	9.70	9.63	10.2	17.1	14.7	15.0	6.97	—	10.2	10.2	—	—

表 4-59 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 C（15%＜含水率 W≦30%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
② 6 d 5	80	20.06	20.13	321	81.57	81.18	70.31	0.63	0.63	0.54	15.5	8.172	5.526	0.68	0.54	708	37.17	0.35	0.37
② 4 a 11	80	19.69	19.50	321	80.95	80.8	69.37	0.66	0.66	0.56	16.5	7.077	4.882	0.69		641	33.65		
① 2 c 2	80	20.36	20.09	321	83.69	83.19	70.68	0.64	0.63	0.54	17.7	7.748	5.142	0.66		648	34.02		
② 2 b 17	80	20.14	20.19	320	89.47	89	74.70	0.69	0.68	0.57	19.1	9.274	6.189	0.67		702	36.86		
② 2 a 13	80	20.09	20.25	321	85.21	84.24	70.59	0.65	0.65	0.54	19.3	8.563	5.010	0.59		627	32.92		
② 4 d 12	80	19.64	19.56	321	83.15	82.48	68.13	0.67	0.67	0.55	21.1	6.917	3.584	0.52		557	29.24		
② 6 a 24	80	20.12	20.10	320	88.72	88.27	72.88	0.69	0.68	0.56	21.1	6.353	4.558	0.72		588	30.87		
② 2 c 9	80	20.06	20.11	321	87.75	87.31	71.65	0.68	0.67	0.55	21.9	7.867	4.454	0.57		616	32.34		
1	80	20.40	20.41	320	114.59	113.99	96.21	0.86	0.86	0.72	18.5	9.181	4.901	0.53		708	37.17		
4	80	20.22	20.32	320	104.28	103.79	89.80	0.79	0.79	0.68	15.6	7.619	3.617	0.47		655	34.39		
8	80	20.23	20.44	321	104.59	104.11	90.11	0.79	0.78	0.68	15.5	8.844	3.851	0.44		662	34.76		
12	80	20.75	20.12	320	108.46	107.93	92.42	0.81	0.81	0.69	16.8	8.061	4.426	0.55		667	35.02		
25	80	20.19	20.40	320	107.47	106.94	91.08	0.82	0.81	0.69	17.4	8.509	4.156	0.49		688	36.12		
26	80	20.68	20.27	320	99.48	98.84	84.95	0.74	0.74	0.63	16.4	8.048	2.958	0.37		617	32.39		
39	80	20.22	20.60	320	103.11	102.51	87.50	0.77	0.77	0.66	17.2	7.156	3.016	0.42		615	32.29		
46	80	20.15	20.47	320	95.01	94.48	81.31	0.72	0.72	0.62	16.2	7.808	3.560	0.46		691	36.28		
48	80	20.38	20.84	320	110.04	109.36	91.35	0.81	0.80	0.67	19.7	7.194	2.326	0.32		490	25.73		
54	80	19.93	20.20	320	105.39	104.85	87.89	0.82	0.81	0.68	19.3	7.292	3.149	0.43		613	32.18		
58	80	20.29	20.48	320	103.40	102.85	88.78	0.78	0.77	0.67	15.8	6.348	2.033	0.32		583	30.61		
60	80	20.32	20.50	320	111.86	110.95	93.52	0.84	0.83	0.70	18.6	6.061	1.666	0.27		457	23.99		
70	80	20.46	20.31	320	103.63	103.22	88.06	0.78	0.78	0.66	17.2	6.596	3.909	0.59		617	32.39		
75	80	19.94	19.86	320	99.90	99.40	86.05	0.79	0.78	0.68	15.5	6.687	2.828	0.42		648	34.02		
② 6 b 20	80	20.23	20.20	320	100.90	100.18	77.02	0.77	0.77	0.59	30.1	10.080	5.707	0.57		738	38.75		
平均値	—	—	—	—	97.94	97.39	82.36	0.75	0.74	0.63	18.3	7.715	3.976	0.51	—	632	33.18	—	—
最大値	—	—	—	—	114.59	113.99	96.21	0.86	0.86	0.72	30.1	10.080	6.189	0.72	—	738	38.75	—	—
最小値	—	—	—	—	80.95	80.80	68.13	0.63	0.63	0.54	15.5	6.061	1.666	0.27	—	457	23.99	—	—
標準偏差	—	—	—	—	10.60	10.55	9.35	0.07	0.07	0.06	3.21	1.041	1.196	0.13	—	67	3.53	—	—
変動係数[%]	—	—	—	—	10.8	10.8	11.4	9.42	9.44	9.97	17.5	13.5	30.1	24.7	—	10.7	10.7	—	—



表 4-60 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 C（15%＜含水率 W ≤ 30%）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
② 4 a 16	95	19.60	19.64	320	81.26	80.91	69.57	0.66	0.66	0.56	16.3	8.122	3.617	0.45	0.40	501	26.30	0.29	0.33
② 4 a 23	95	19.75	19.74	321	80.76	80.35	68.97	0.65	0.64	0.55	16.5	8.266	3.434	0.42		503	26.41		
① 4 b 2	95	20.00	19.70	320	81.62	81.09	69.21	0.65	0.64	0.55	17.2	7.806	3.566	0.46		512	26.88		
① 5 a 2	95	19.86	20.05	320	90.24	89.59	75.62	0.71	0.70	0.59	18.5	9.706	3.266	0.34		555	29.14		
② 6 d 10	95	20.28	20.06	320	88.09	87.74	73.81	0.68	0.67	0.57	18.9	8.818	4.273	0.48		597	31.34		
② 6 d 8	95	20.10	19.99	320	83.10	82.83	68.46	0.65	0.64	0.53	21.0	7.865	3.961	0.50		507	26.62		
② 2 c 8	95	20.23	20.03	321	85.41	84.85	69.91	0.66	0.65	0.54	21.4	7.244	3.505	0.48		523	27.46		
6	95	20.38	20.50	320	107.08	106.234	91.57	0.80	0.79	0.68	16.0	6.758	1.994	0.30		552	28.98		
11	95	20.38	20.72	320	99.79	98.98	85.65	0.74	0.73	0.63	15.6	6.903	1.599	0.23		521	27.35		
14	95	20.52	20.37	320	104.59	103.82	89.67	0.78	0.78	0.67	15.8	7.816	1.779	0.23		517	27.14		
15	95	19.94	20.53	320	107.68	106.47	90.9	0.82	0.81	0.69	17.1	6.817	1.916	0.28		453	23.78		
17	95	20.49	20.50	320	110.26	109.00	93.15	0.82	0.81	0.69	17.0	7.968	2.708	0.34		530	27.83		
30	95	20.29	20.22	320	111.54	110.46	94.85	0.85	0.84	0.72	16.5	7.926	1.959	0.25		468	24.57		
40	95	20.46	20.55	320	104.24	102.94	88.94	0.77	0.77	0.66	15.7	8.347	2.310	0.28		582	30.56		
53	95	20.66	20.53	320	115.58	114.70	97.62	0.85	0.85	0.72	17.5	6.727	1.514	0.23		487	25.57		
平均値	-	-	-	-	96.75	96.00	81.86	0.74	0.73	0.62	17.4	7.806	2.760	0.35	-	521	27.33	-	-
最大値	-	-	-	-	115.58	114.70	97.62	0.85	0.85	0.72	21.4	9.706	4.273	0.50	-	597	31.34	-	-
最小値	-	-	-	-	80.76	80.35	68.46	0.65	0.64	0.53	15.6	6.727	1.514	0.23	-	453	23.78	-	-
標準偏差	-	-	-	-	12.72	12.43	11.18	0.08	0.08	0.07	1.81	830	941	0.10	-	39	2.05	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	13.1	12.9	13.7	10.8	10.6	11.3	10.4	10.6	34.1	29.9	-	7.49	7.49	-	-

表 4-61 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 D（含水率 W &gt; 30%）・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]		含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率	強度比	
		幅	せい	長さ	試験時	全乾時	試験時	全乾時		非破壊	破壊							
② 3 b 1	20	20.29	20.27	321	101.04	76.08	0.77	0.58	32.8	8.575	8.578	1.0	1.1	1.1	1,892	99.33	1.0	0.81
① 5 b 24	20	20.55	20.48	320	115.93	82.06	0.86	0.61	41.3	9.526	10.340	1.1			1,843	96.76		
② 6 b 4	20	20.17	20.07	320	97.94	69.25	0.76	0.53	41.4	8.365	8.339	1.0			1,688	88.62		
② 1 c 12	20	20.41	20.42	320	111.32	73.95	0.83	0.55	50.5	9.026	9.124	1.0			1,580	82.95		
② 2 b 22	20	20.26	20.15	321	136.71	79.59	1.04	0.61	71.8	10.960	11.120	1.0			1,641	86.15		
② 2 a 22	20	20.14	20.09	321	133.47	75.33	1.03	0.58	77.2	9.772	9.838	1.0			1,576	82.74		
① 1 a 6	20	20.02	20.05	320	127.92	71.88	1.00	0.56	78.0	9.310	9.667	1.0			1,737	91.19		
② 3 b 14	20	20.22	20.23	320	137.69	75.03	1.05	0.57	83.5	10.540	10.580	1.0			1,765	92.66		
② 4 d 13	20	19.81	19.75	321	139.00	75.34	1.11	0.60	84.5	6.667	6.597	0.99			1,002	52.61		
② 2 a 1	20	20.17	20.13	321	133.27	72.16	1.02	0.55	84.7	8.109	7.914	0.98			1,823	95.71		
② 5 a 16	20	20.12	20.20	322	135.26	73.20	1.03	0.56	84.8	9.200	9.206	1.0			1,915	100.5		
② 4 b 23	20	19.68	19.71	321	129.71	69.68	1.04	0.56	86.2	6.494	6.470	1.0			1,238	65.00		
② 6 a 19	20	20.09	20.13	321	131.36	70.18	1.01	0.54	87.2	9.088	9.040	0.99			1,787	93.82		
② 3 a 14	20	20.16	20.05	321	135.64	71.58	1.05	0.55	89.5	9.158	9.104	0.99			1,710	89.78		
② 2 c 2	20	20.05	20.10	320	136.95	72.18	1.06	0.56	89.7	8.292	8.334	1.0			1,826	95.87		
① 2 a 6	20	19.91	19.96	320	132.13	69.37	1.04	0.55	90.5	8.209	8.116	0.99			1,627	85.42		
② 3 b 10	20	20.29	20.18	320	139.92	73.18	1.07	0.56	91.2	9.180	9.138	1.0			1,815	95.29		
① 2 c 6	20	19.93	19.86	320	131.46	68.62	1.04	0.54	91.6	7.610	7.616	1.0			1,637	85.94		
① 4 b 24	20	19.83	20.22	320	134.93	70.02	1.05	0.55	92.7	8.942	8.856	0.99			1,771	92.98		
平均値	-	-	-	-	128.51	73.09	0.99	0.56	76.3	8.791	8.841	1.0	-	-	1,678	88.07	-	-
最大値	-	-	-	-	139.92	82.06	1.11	0.61	92.7	10.960	11.120	1.1	-	-	1,915	100.54	-	-
最小値	-	-	-	-	97.94	68.62	0.76	0.53	32.8	6.494	6.470	0.98	-	-	1,002	52.61	-	-
標準偏差	-	-	-	-	12.52	3.57	0.10	0.02	19.41	1.121	1.217	0.02	-	-	224	11.7	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	9.74	4.89	10.5	3.91	25.4	12.8	13.8	2.32	-	-	13.3	13.3	-	-

表 4-62 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 D（含水率 W &gt; 30%）・50℃）

試験体名	温度条件 [℃]		寸法[mm]			質量[g]		密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
			幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時		全乾時	非破壊 (常温時)						
① 5 a 16	50	20.19	19.78	320	112.56	112.1	78.51	0.88	0.88	0.61	42.8	8.882	6.222	0.70	0.95	992	52.08	0.67	0.58
② 5 b 16	50	20.09	20.15	320	113.46	113.13	74.98	0.88	0.87	0.58	50.9	8.532	8.744	1.0		1,257	65.99		
② 5 b 11	50	20.05	20.13	321	140.73	139.21	77.87	1.09	1.07	0.60	78.8	9.562	8.188	0.86		1,147	60.22		
② 6 a 12	50	20.09	20.02	321	132.53	131.05	72.76	1.03	1.02	0.56	80.1	9.584	7.683	0.80		1,176	61.74		
② 3 b 21	50	20.21	20.23	320	139.17	138.33	76.56	1.06	1.06	0.59	80.7	9.507	8.983	0.94		1,152	60.48		
② 1 c 16	50	20.32	20.76	320	137.85	136.65	74.08	1.02	1.01	0.55	84.5	7.817	7.023	0.90		1,147	60.22		
② 4 d 4	50	19.67	19.56	320	130.20	128.59	69.48	1.06	1.04	0.56	85.1	6.765	6.025	0.89		946	49.67		
① 1 c 6	50	19.85	19.09	320	132.50	131.87	70.85	1.09	1.09	0.58	86.1	7.881	6.931	0.88		1,193	62.63		
② 6 d 16	50	20.20	20.00	320	137.38	136.34	73.15	1.06	1.05	0.57	86.4	8.996	8.252	0.92		1,160	60.90		
② 3 b 17	50	20.11	20.24	319	135.79	134.91	71.79	1.05	1.04	0.55	87.9	9.014	7.792	0.86		1,103	57.91		
② 5 b 23	50	20.07	20.15	321	137.60	136.22	72.39	1.06	1.05	0.56	88.2	8.181	6.335	0.77		1,001	52.55		
① 2 c 5	50	20.54	20.15	320	134.12	132.94	69.68	1.01	1.00	0.53	90.8	7.707	6.981	0.91		1,197	62.84		
② 2 c 3	50	20.05	20.08	320	136.80	135.27	70.90	1.06	1.05	0.55	90.8	7.726	6.920	0.90		1,125	59.06		
② 2 a 6	50	20.12	20.12	321	134.55	132.58	69.11	1.04	1.02	0.53	91.8	7.906	7.165	0.91	1,072	56.28			
① 4 b 8	50	19.70	19.86	320	134.41	133.38	69.38	1.07	1.07	0.55	92.2	7.761	6.787	0.87	1,096	57.54			
② 5 a 7	50	20.20	20.08	320	135.41	134.52	69.72	1.04	1.04	0.54	92.9	7.833	6.891	0.88	1,167	61.27			
② 3 a 2	50	19.94	20.05	320	133.74	133	68.65	1.05	1.04	0.54	93.7	7.960	6.896	0.87	1,038	54.50			
平均値	-	-	-	-	132.87	131.77	72.34	1.03	1.02	0.56	82.6	8.330	7.283	0.88	-	1,116	58.58	-	-
最大値	-	-	-	-	140.73	139.21	78.51	1.09	1.09	0.61	93.7	9.584	8.983	1.0	-	1,257	65.99	-	-
最小値	-	-	-	-	112.56	112.10	68.65	0.88	0.87	0.53	42.8	6.765	6.025	0.70	-	946	49.67	-	-
標準偏差	-	-	-	-	7.92	7.68	3.13	0.06	0.06	0.02	14.26	80.3	858	0.07	-	83	4.35	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	5.96	5.83	4.33	5.98	5.86	4.34	17.3	9.64	11.8	8.02	-	7.43	7.43	-	-



表 4-63 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 D（含水率 W&gt;30%）・80℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
② 2 b 5	80	20.08	20.18	320	99.32	98.23	74.33	0.77	0.76	0.57	32.2	7.948	4.815	0.61	0.54	677	35.54	0.36	0.35
② 5 d 9	80	20.15	20.09	320	98.36	97.74	72.94	0.76	0.75	0.56	34.0	8.077	4.945	0.61		687	36.07		
② 1 a 1	80	19.47	19.53	320	93.12	92.65	69.10	0.77	0.76	0.57	34.1	5.206	4.105	0.79		605	31.76		
① 5 b 20	80	20.25	20.33	320	111.59	110.93	76.39	0.85	0.84	0.58	45.2	7.531	4.718	0.63		668	35.07		
① 5 b 19	80	20.59	20.45	320	114.74	114.12	77.26	0.85	0.85	0.57	47.7	8.419	4.049	0.48		647	33.97		
② 6 b 19	80	20.13	20.13	320	137.00	135.22	79.35	1.06	1.04	0.61	70.4	10.230	2.475	0.24		563	29.56		
② 3 a 22	80	20.31	20.38	321	140.00	139	77.44	1.05	1.05	0.58	79.5	9.880	3.943	0.40		595	31.24		
② 2 b 13	80	20.17	20.09	320	137.67	135.5	75.24	1.06	1.04	0.58	80.1	7.521	3.831	0.51		615	32.29		
① 2 a 10	80	19.91	19.22	320	130.10	128.36	70.28	1.06	1.05	0.57	82.6	7.113	3.934	0.55		575	30.19		
① 3 b 11	80	19.91	19.70	320	131.02	129.44	70.69	1.04	1.03	0.56	83.1	7.943	3.743	0.47		592	31.08		
② 6 d 9	80	20.11	20.11	321	135.96	133.41	72.83	1.05	1.03	0.56	83.2	7.636	4.015	0.53		577	30.29		
① 4 d 7	80	19.52	19.90	320	129.72	127.59	69.54	1.04	1.03	0.56	83.5	6.801	3.964	0.58		582	30.56		
② 2 b 6	80	20.15	20.09	320	139.11	137.33	74.57	1.07	1.06	0.58	84.2	9.797	3.657	0.37		597	31.34		
② 4 b 24	80	19.48	19.50	321	132.95	130.39	70.39	1.09	1.07	0.58	85.2	7.043	2.913	0.41		578	30.35		
② 2 a 14	80	20.06	20.22	320	133.71	131.57	70.93	1.03	1.01	0.55	85.5	8.020	3.798	0.47		595	31.24		
② 5 b 20	80	20.11	20.06	320	138.8	136.67	73.30	1.08	1.06	0.57	86.5	9.481	4.444	0.47		636	33.39		
② 5 a 19	80	20.06	20.12	320	136.05	133.72	70.94	1.05	1.04	0.55	88.5	9.089	4.381	0.48		655	34.39		
① 2 c 8	80	20.01	20.04	320	131.36	130.06	68.43	1.02	1.01	0.53	90.1	6.611	3.562	0.54		557	29.24		
② 3 c 16	80	20.19	20.15	320	134.67	132.63	69.71	1.03	1.02	0.54	90.3	8.266	3.945	0.48		598	31.40		
① 4 b 11	80	20.03	20.02	319	134.61	133.04	69.06	1.05	1.04	0.54	92.6	8.024	4.332	0.54		593	31.13		
平均値	-	-	-	-	126.99	125.38	72.64	0.99	0.98	0.57	72.9	8.032	3.978	0.51	-	610	32.00	-	-
最大値	-	-	-	-	140.00	139.00	79.35	1.09	1.07	0.61	92.6	10.230	4.945	0.79	-	687	36.07	-	-
最小値	-	-	-	-	93.12	92.65	68.43	0.76	0.75	0.53	32.2	5.206	2.475	0.24	-	557	29.24	-	-
標準偏差	-	-	-	-	14.87	14.37	3.24	0.12	0.11	0.02	21.09	1.231	585	0.11	-	39	2.03	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	11.7	11.5	4.5	11.8	11.5	3.30	28.9	15.3	14.7	22.1	-	6.34	6.34	-	-

表 4-64 実験結果詳細一覧（ケヤキ・試験体群 D（含水率 W&gt;30%）・95℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			含水率 [%]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		高温時 ヤング係数 残存率	係数比	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	高温時 曲げ強さ 残存率	強度比
		幅	せい	長さ	加熱前	試験時	全乾時	加熱前	試験時	全乾時		非破壊 (常温時)	破壊 (高温時)						
② 1 b 1	95	19.42	19.33	320	92.55	91.60	70.11	0.77	0.76	0.58	30.7	5.882	1.600	0.27	0.51	347	18.22	0.37	0.39
② 6 b 11	95	20.19	20.17	321	98.27	97.20	73.85	0.75	0.74	0.56	31.6	9.171	3.919	0.43		582	30.56		
② 1 b 5	95	20.12	20.34	320	106.13	104.83	77.34	0.81	0.80	0.59	35.5	8.589	1.812	0.21		476	24.99		
① 4 b 29	95	19.73	20.02	320	101.11	99.76	70.94	0.80	0.79	0.56	40.6	7.946	2.777	0.35		516	27.09		
② 3 a 6	95	19.96	20.01	321	112.00	99.51	70.44	0.87	0.78	0.55	41.3	7.982	2.276	0.29		515	27.04		
① 5 b 23	95	20.22	20.44	320	116.33	113.49	78.09	0.88	0.86	0.59	45.3	8.663	2.804	0.32		526	27.62		
② 2 b 18	95	20.20	20.14	320	139.28	138.00	80.91	1.07	1.06	0.62	70.6	11.070	4.546	0.41		727	38.17		
② 1 b 6	95	20.15	19.26	320	133.74	132.31	77.17	1.08	1.07	0.62	71.5	8.912	5.131	0.58		720	37.80		
② 1 c 13	95	20.43	20.69	320	140.55	139.10	80.28	1.04	1.03	0.59	73.3	8.586	4.794	0.56		887	46.57		
② 2 b 21	95	20.14	20.04	320	131.34	130.05	74.05	1.02	1.01	0.57	75.6	9.360	5.477	0.59		722	37.91		
① 2 a 13	95	19.96	20.01	320	130.14	123.85	69.56	1.02	0.97	0.54	78.0	7.134	2.761	0.39		653	34.28		
① 1 a 17	95	19.96	20.07	320	132.38	130.86	73.46	1.03	1.02	0.57	78.1	8.465	4.298	0.51		1,167	61.27		
① 2 c 3	95	20.51	20.60	320	137.08	133.65	74.72	1.01	0.99	0.55	78.9	8.790	5.749	0.65		712	37.38		
② 5 b 15	95	20.05	20.06	320	140.80	138.75	76.64	1.09	1.08	0.60	81.0	8.569	2.754	0.32		445	23.36		
② 3 c 1	95	20.15	20.18	320	139.08	136.59	74.48	1.07	1.05	0.57	83.4	6.470	3.462	0.54		537	28.19		
① 2 a 5	95	20.06	20.17	320	132.92	131.60	70.59	1.03	1.02	0.55	86.4	7.488	3.968	0.53		582	30.56		
② 3 a 10	95	20.08	20.01	321	132.21	130.23	69.60	1.03	1.01	0.54	87.1	8.565	2.739	0.32		501	26.30		
② 6 d 12	95	20.10	19.95	321	134.83	132.62	70.69	1.05	1.03	0.55	87.6	8.185	3.182	0.39		507	26.62		
② 6 b 12	95	20.14	20.18	320	137.41	133.87	71.30	1.06	1.03	0.55	87.8	7.659	3.294	0.43		557	29.24		
① 4 d 9	95	19.66	19.67	320	133.64	130.70	67.97	1.08	1.06	0.55	92.3	7.930	4.150	0.52		672	35.28		
② 5 d 8	95	20.11	20.20	320	137.42	135.61	69.43	1.06	1.04	0.53	95.3	8.484	3.644	0.43		525	27.56		
平均値	-	-	-	-	126.63	124.01	73.41	0.98	0.96	0.57	69.1	8.281	3.578	0.43	-	613	32.19	-	-
最大値	-	-	-	-	140.80	139.10	80.91	1.09	1.08	0.62	95.3	11.070	5.749	0.65	-	1,167	61.27	-	-
最小値	-	-	-	-	92.55	91.60	67.97	0.75	0.74	0.53	30.7	5.882	1.600	0.21	-	347	18.22	-	-
標準偏差	-	-	-	-	15.35	15.70	3.80	0.11	0.12	0.03	21.65	1.065	1.152	0.12	-	176	9.24	-	-
変動係数[%]	-	-	-	-	12.1	12.7	5.18	11.6	12.1	4.51	31.3	12.9	32.2	27.9	-	28.7	28.7	-	-

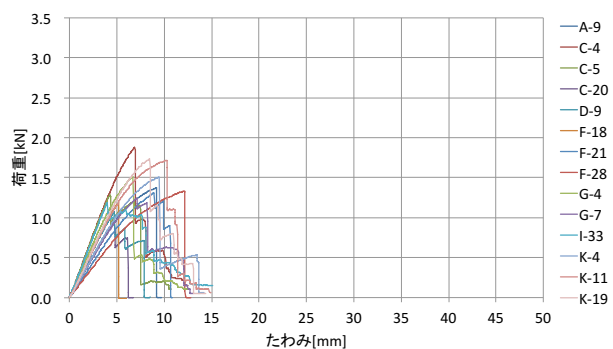


図 4-1 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・常温)

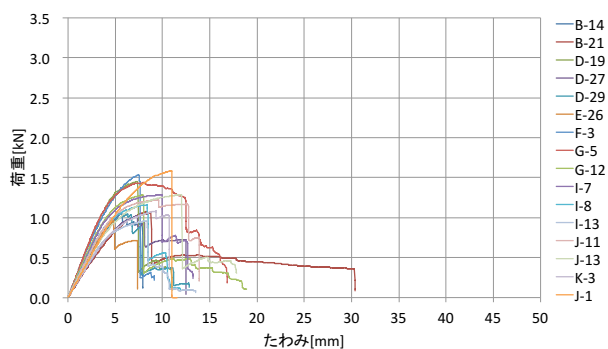


図 4-5 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ )・常温)

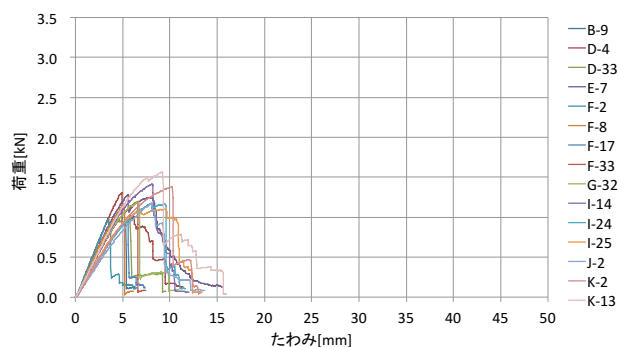


図 4-2 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・50℃)

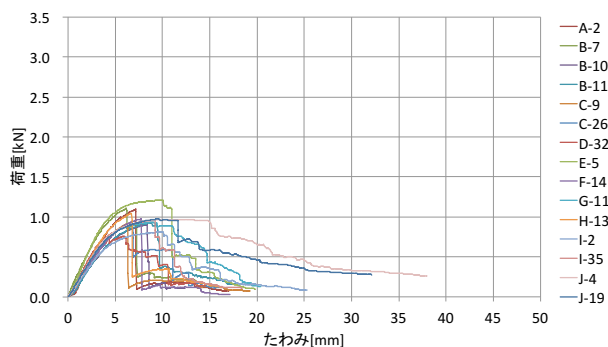


図 4-6 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ )・50℃)

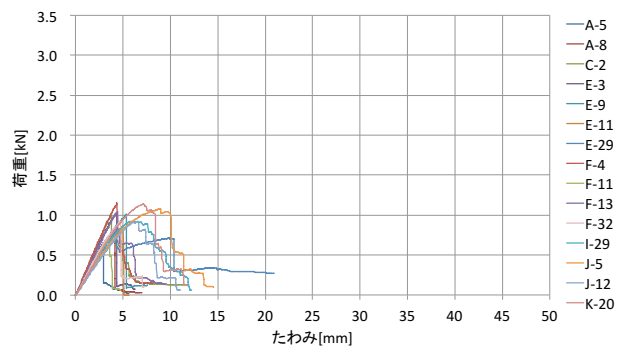


図 4-3 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・80℃)

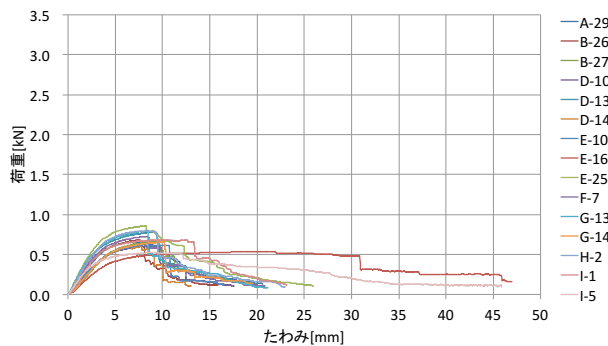


図 4-7 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ )・80℃)

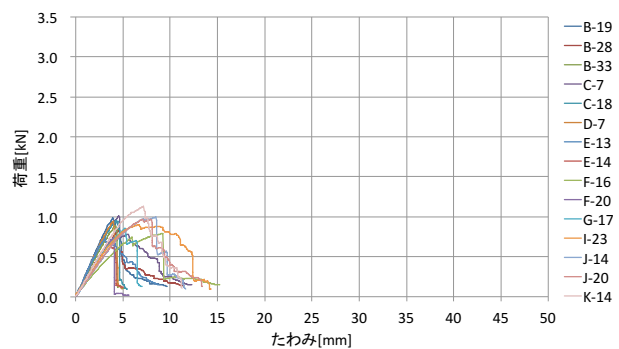


図 4-4 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・95℃)

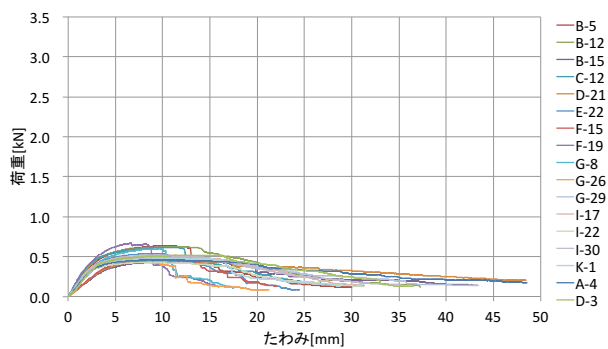


図 4-8 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ )・95℃)

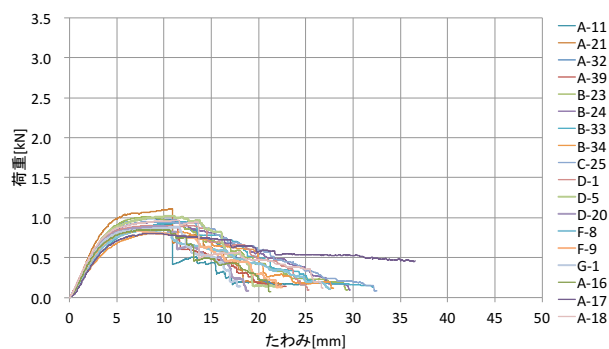


図 4-9 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・常温)

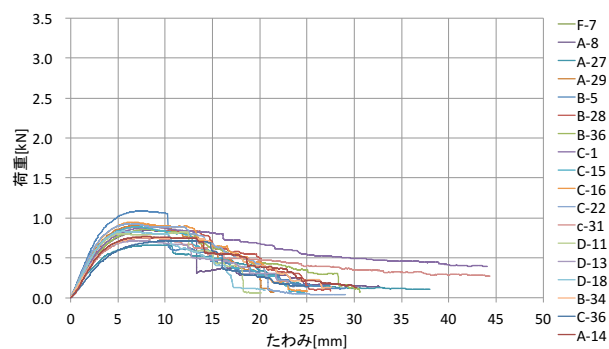


図 4-13 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・常温)

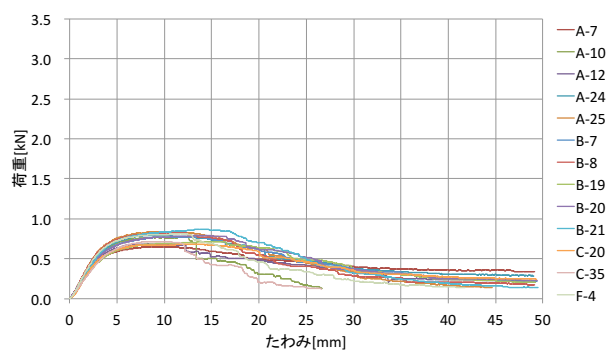


図 4-10 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・50°C)

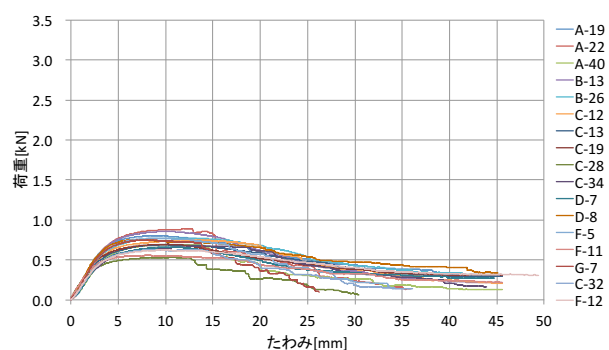


図 4-14 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・50°C)

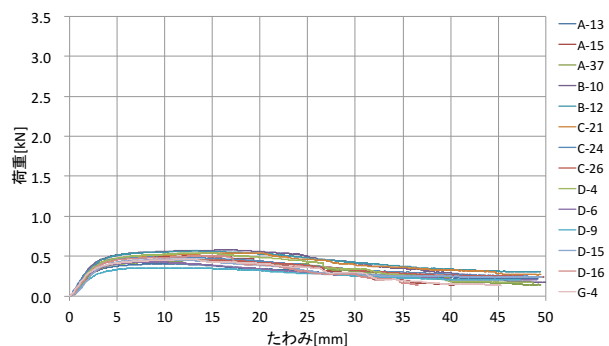


図 4-11 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・80°C)

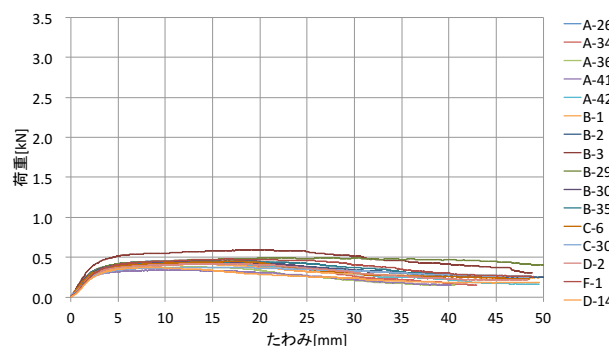


図 4-15 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・80°C)

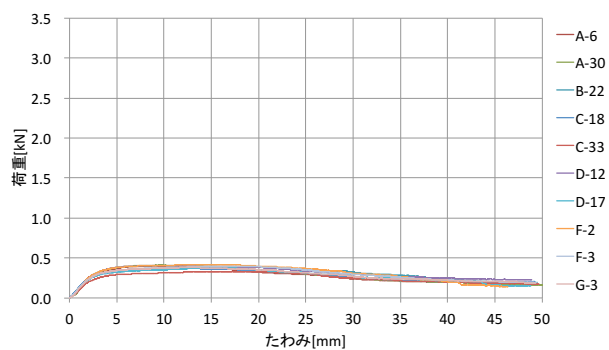


図 4-12 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・95°C)

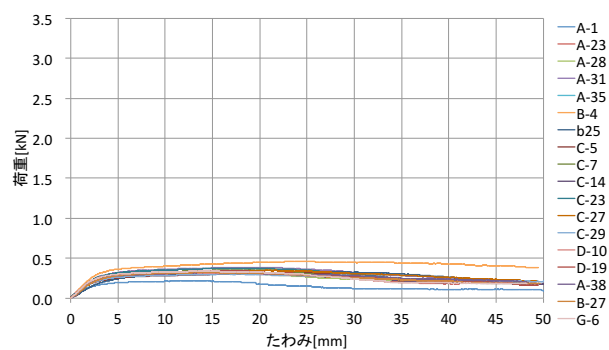


図 4-16 荷重-たわみ関係

(スギ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・95°C)

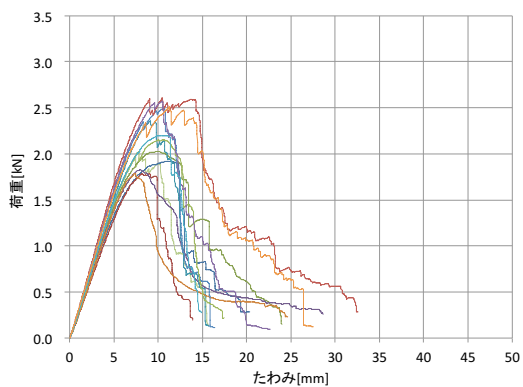


図 4-17 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・常温)

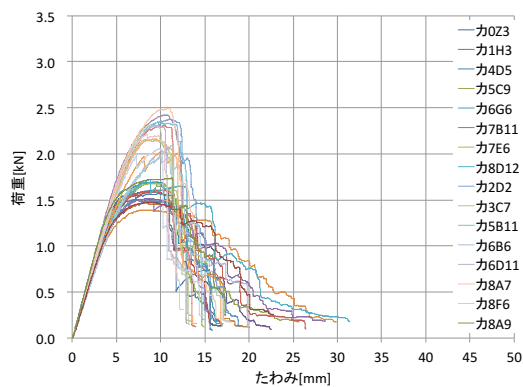


図 4-21 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 B ( $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ )・常温)

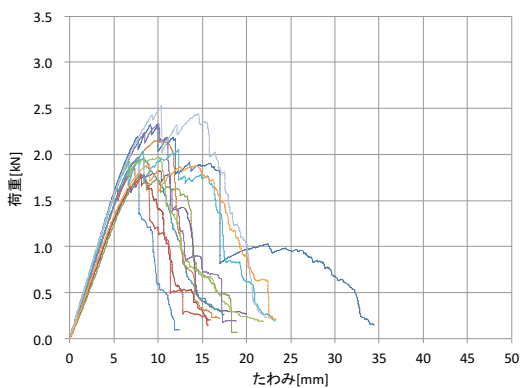


図 4-18 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・50℃)

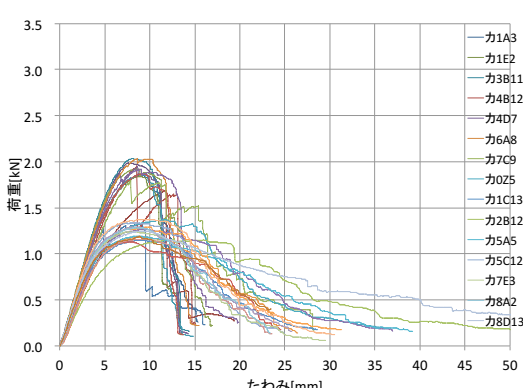


図 4-22 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 B ( $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ )・50℃)

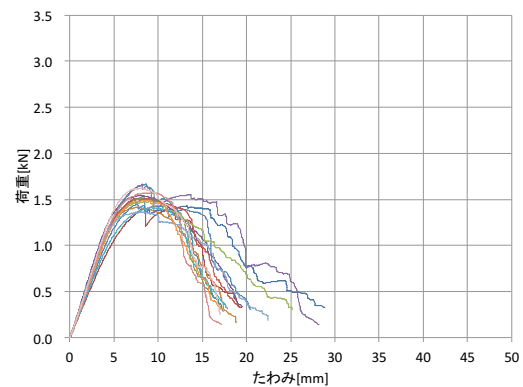


図 4-19 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・80℃)

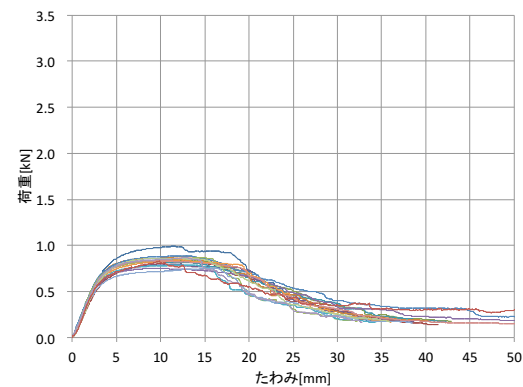


図 4-23 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 B ( $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ )・80℃)

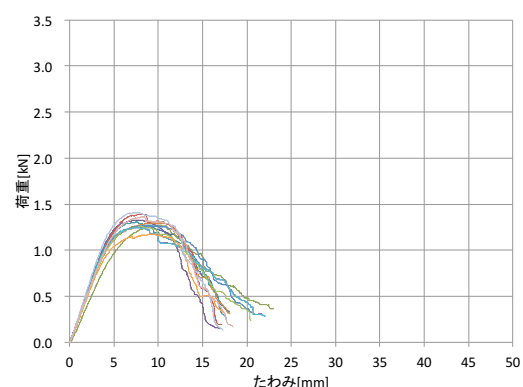


図 4-20 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・95℃)

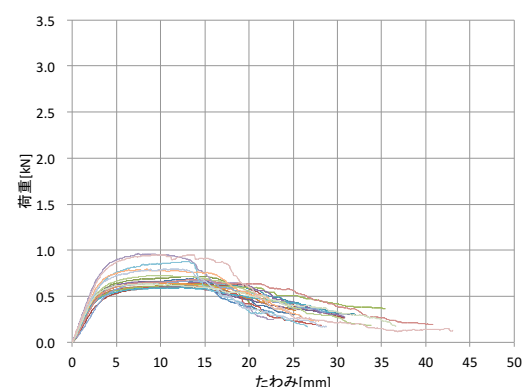


図 4-24 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 B ( $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ )・95℃)

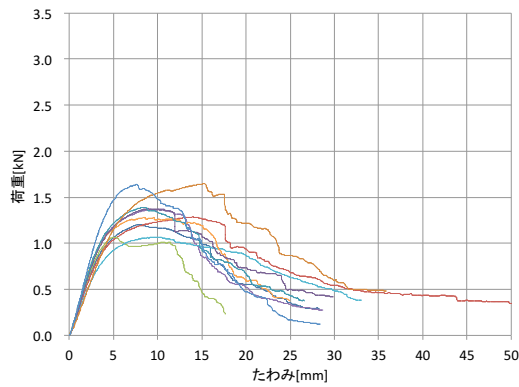


図 4-25 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・常温)

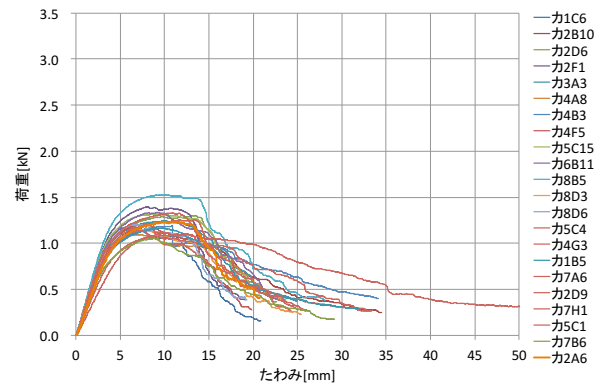


図 4-29 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・常温)

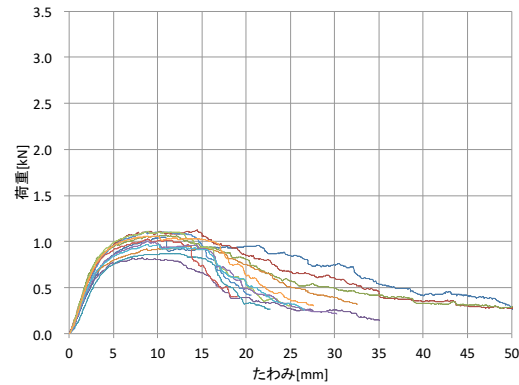


図 4-26 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・50°C)

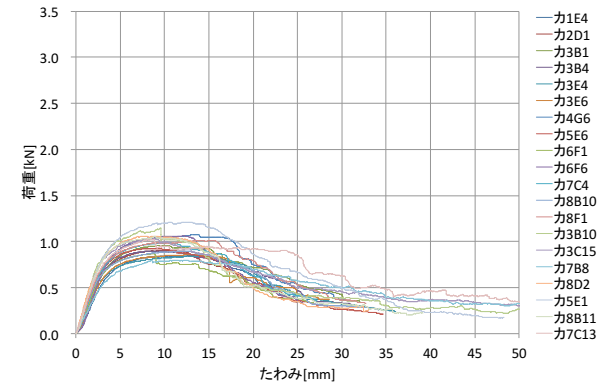


図 4-30 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・50°C)

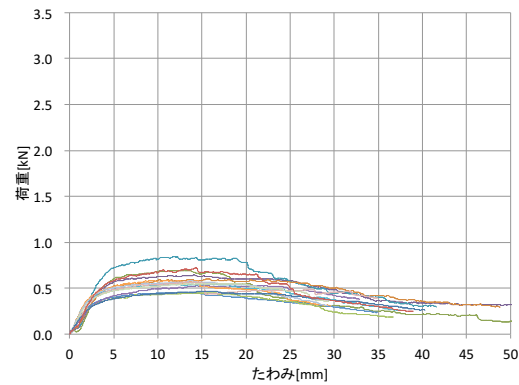


図 4-27 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・80°C)

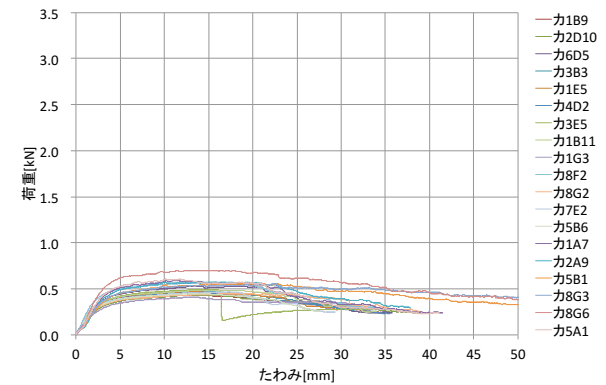


図 4-31 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・80°C)

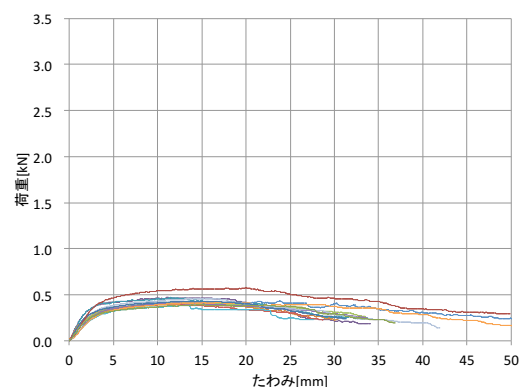


図 4-28 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・95°C)

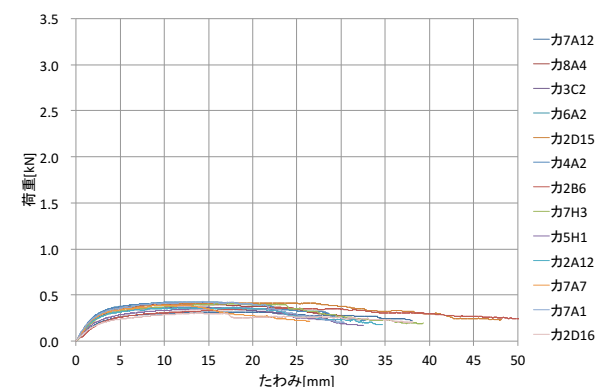


図 4-32 荷重-たわみ関係

(カラマツ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・95°C)

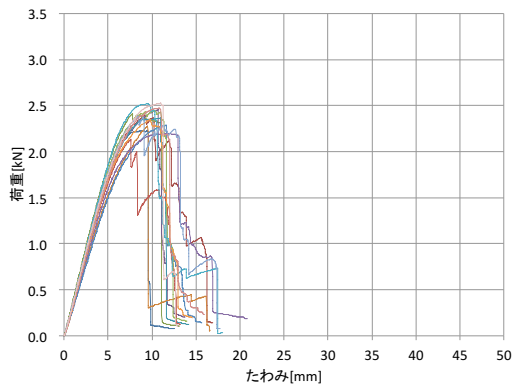


図 4-33 荷重-たわみ関係

(ベイマツ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・常温)

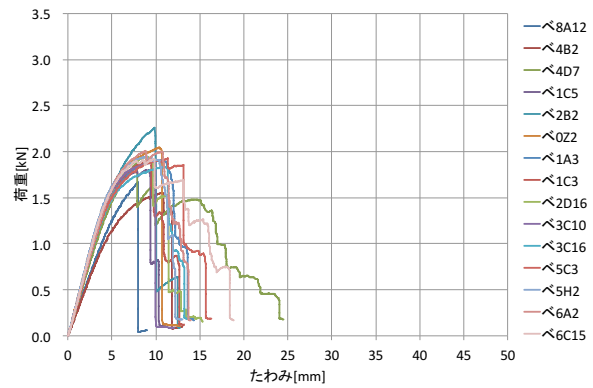


図 4-37 荷重-たわみ関係

(ベイマツ・試験体群 B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ )・常温)

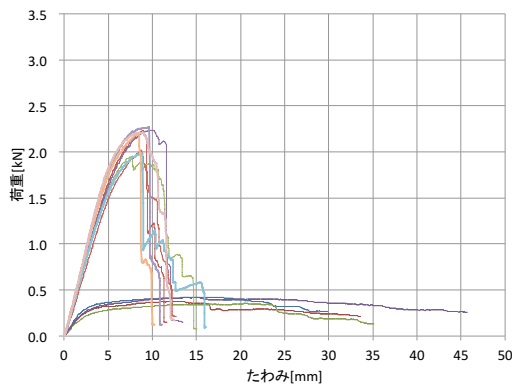


図 4-34 荷重-たわみ関係

(ベイマツ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・50°C)

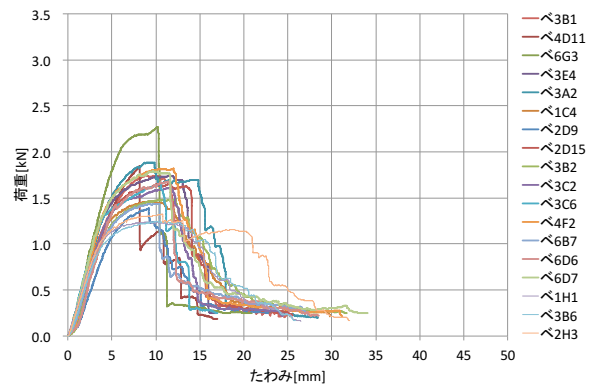


図 4-38 荷重-たわみ関係

(ベイマツ・試験体群 B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ )・50°C)

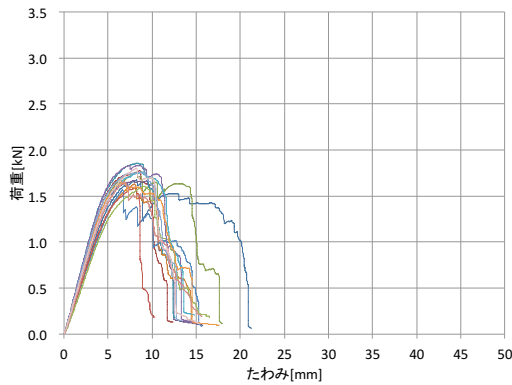


図 4-35 荷重-たわみ関係

(ベイマツ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・80°C)

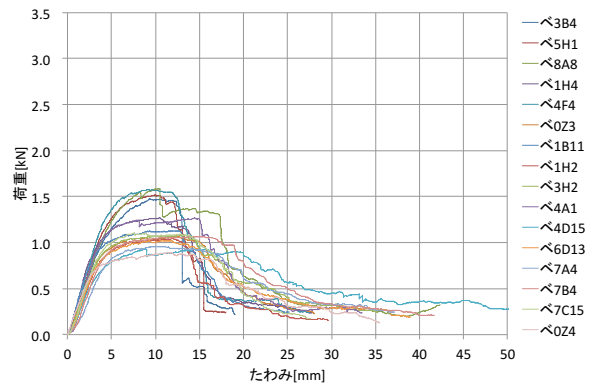


図 4-39 荷重-たわみ関係

(ベイマツ・試験体群 B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ )・80°C)

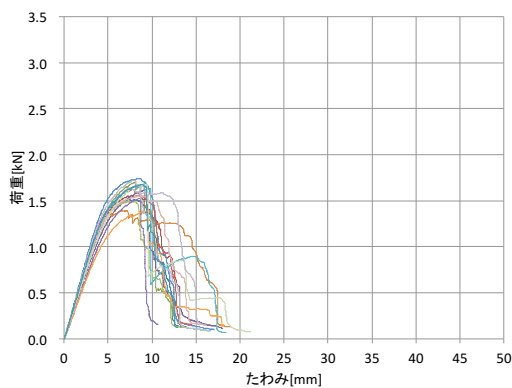


図 4-36 荷重-たわみ関係

(ベイマツ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・95°C)

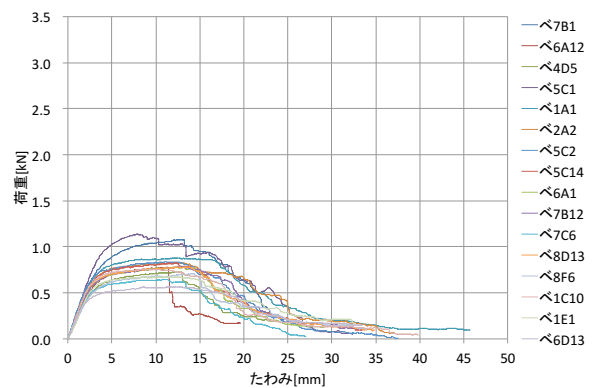


図 4-40 荷重-たわみ関係

(ベイマツ・試験体群 B (5% < 含水率  $W \leq 15\%$ )・95°C)

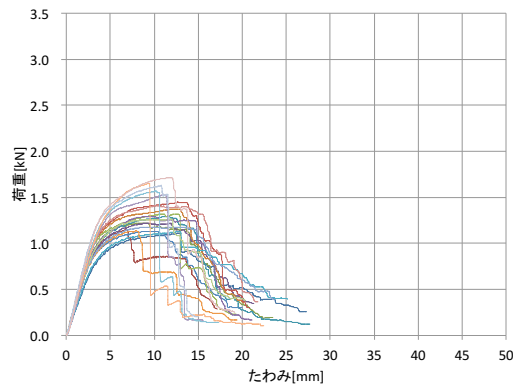


図 4-41 荷重-たわみ関係

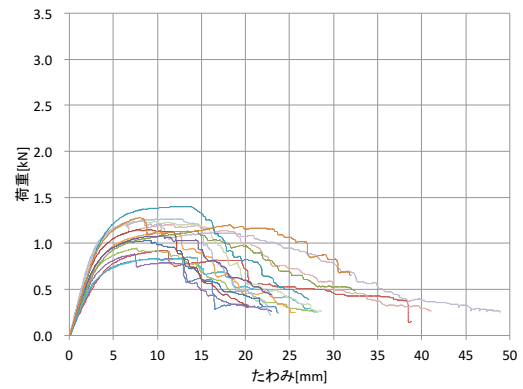


図 4-45 荷重-たわみ関係

(バイマツ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・常温) (バイマツ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・常温)

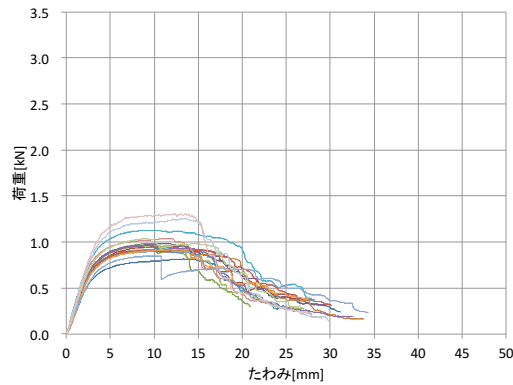


図 4-42 荷重-たわみ関係

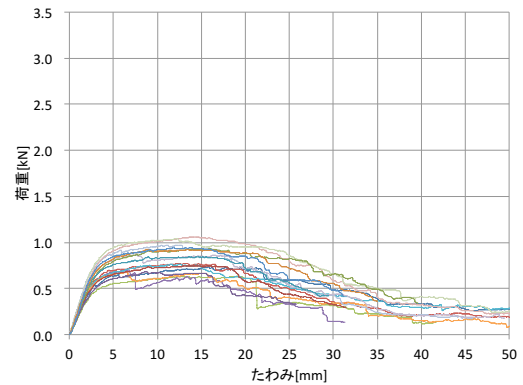


図 4-46 荷重-たわみ関係

(バイマツ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・50°C) (バイマツ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・50°C)

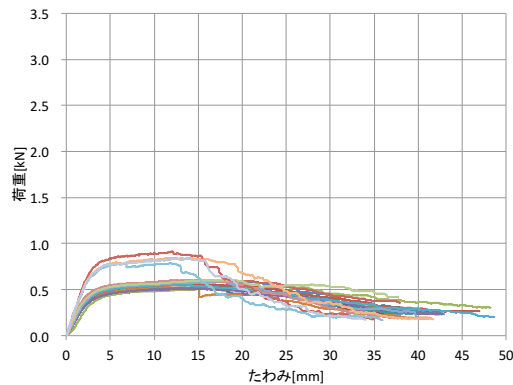


図 4-43 荷重-たわみ関係

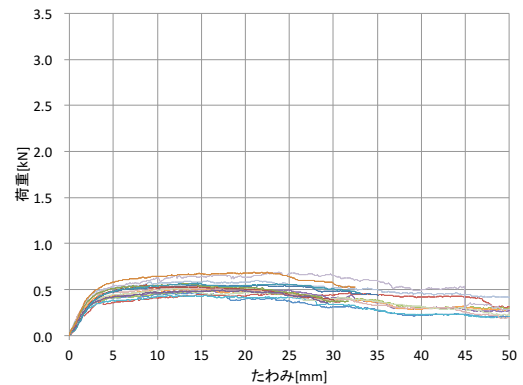


図 4-47 荷重-たわみ関係

(バイマツ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・80°C) (バイマツ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・80°C)

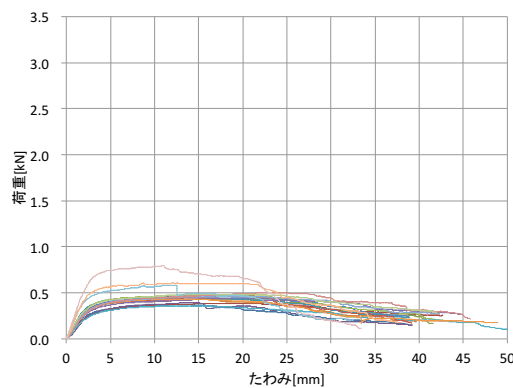


図 4-44 荷重-たわみ関係

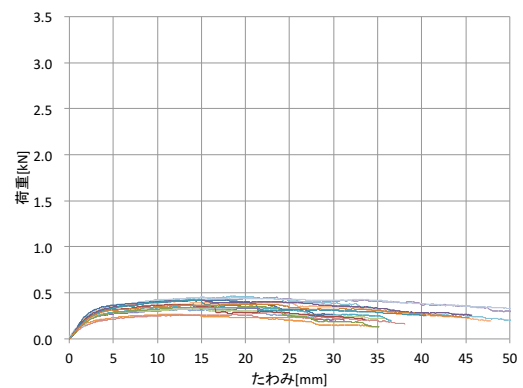


図 4-48 荷重-たわみ関係

(バイマツ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・95°C) (バイマツ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・95°C)



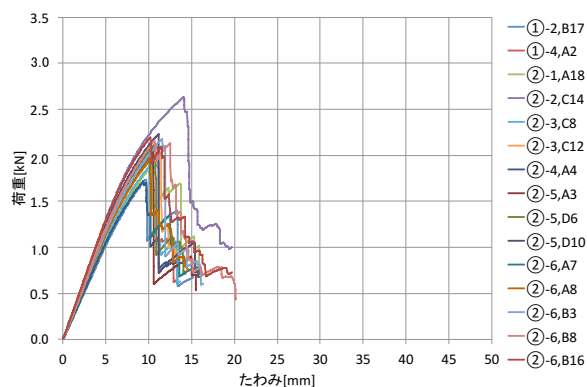


図 4-49 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・常温)

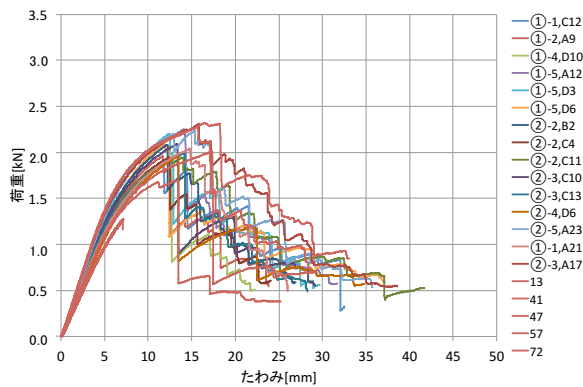


図 4-53 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 B ( $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ )・常温)

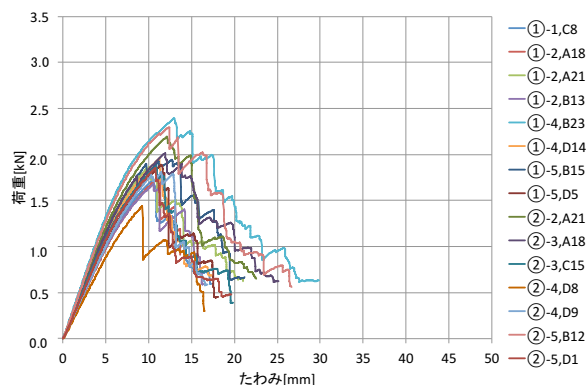


図 4-50 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・50°C)

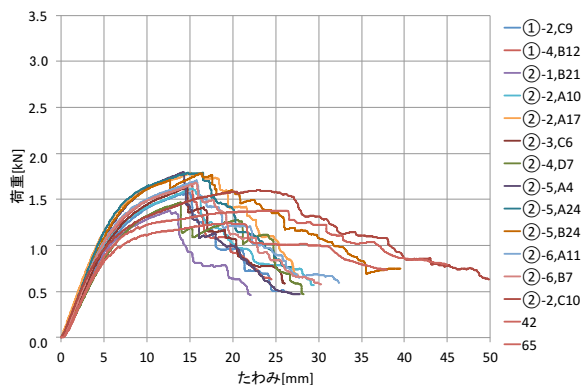


図 4-54 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 B ( $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ )・50°C)

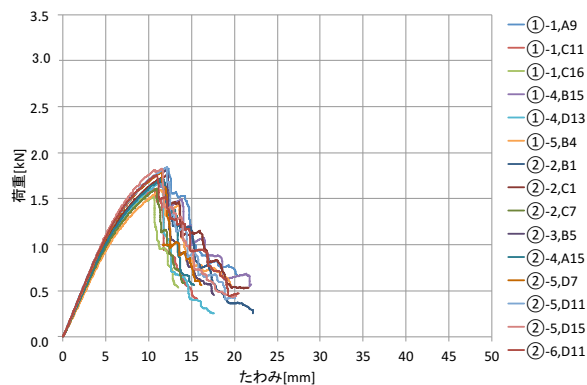


図 4-51 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・80°C)

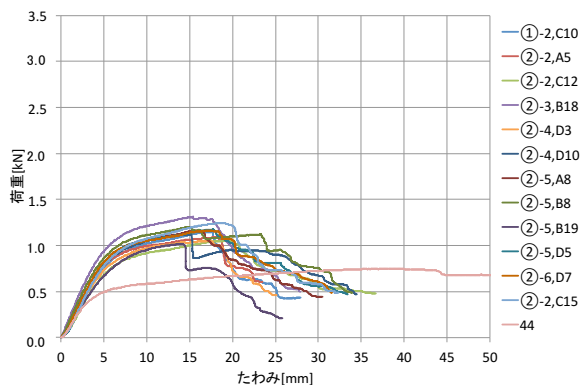


図 4-55 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 B ( $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ )・80°C)

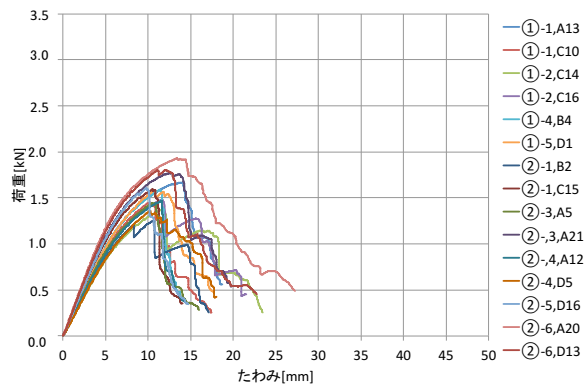


図 4-52 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 A (含水率  $W \leq 5\%$ )・95°C)

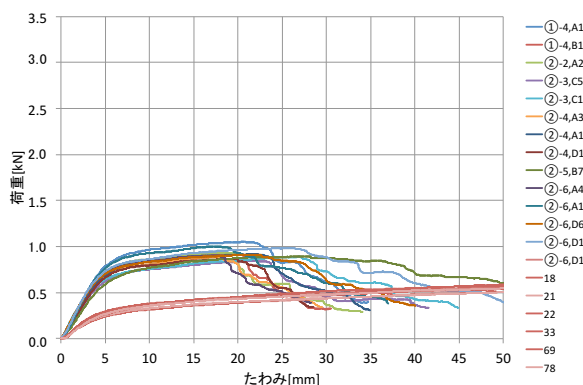


図 4-56 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 B ( $5\% < \text{含水率 } W \leq 15\%$ )・95°C)



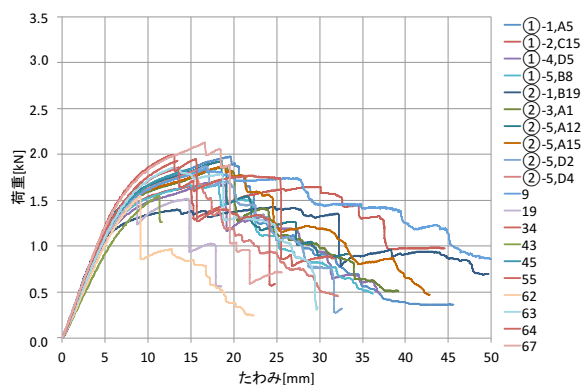


図 4-57 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・常温)

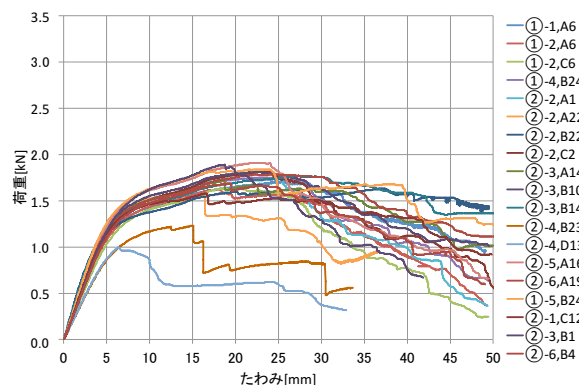


図 4-61 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・常温)

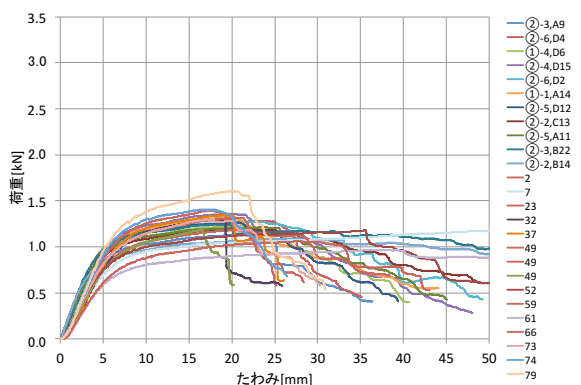


図 4-58 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・50℃)

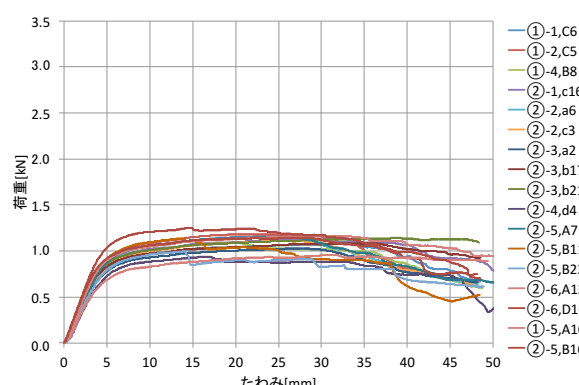


図 4-62 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・50℃)

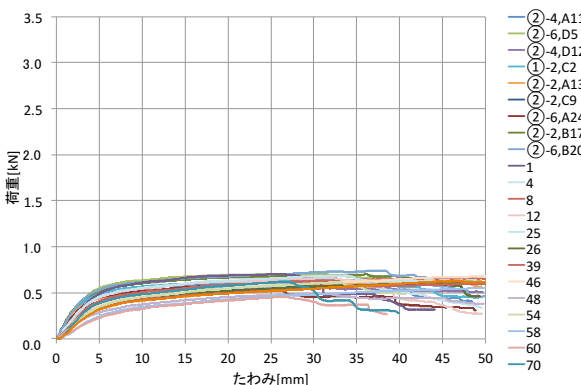


図 4-59 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・80℃)

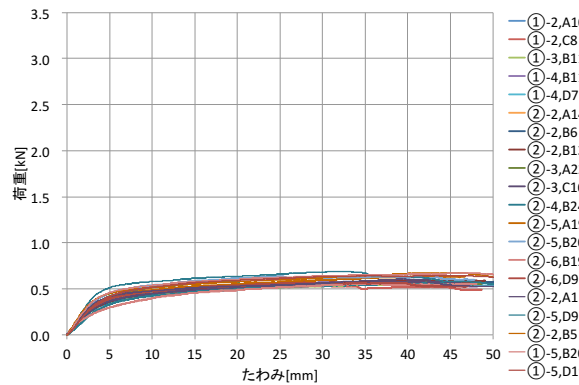


図 4-63 荷重-変形曲線

(ケヤキ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・80℃)

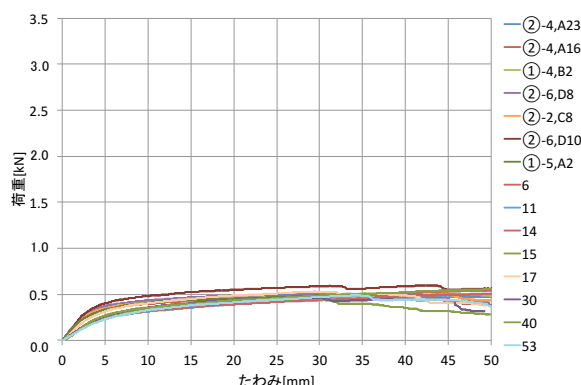


図 4-60 荷重-たわみ関係

(ケヤキ・試験体群 C (15% < 含水率  $W \leq 30\%$ )・95℃)

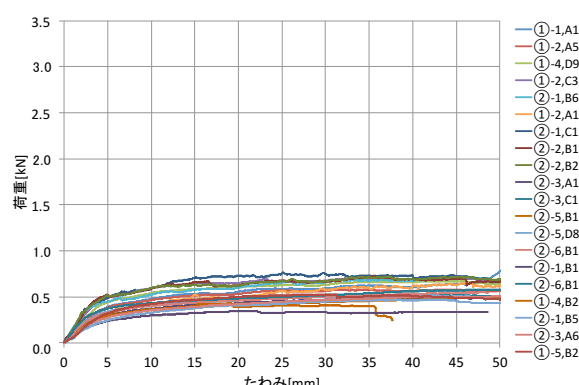


図 4-64 荷重-変形曲線

(ケヤキ・試験体群 D (含水率  $W > 30\%$ )・95℃)

# 第 5 章 加熱冷却後における木材の力学的特性

スギ：常温、100℃、150℃、200℃、230℃

表 5-1 実験結果詳細一覧（スギ・常温）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量 [g]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ			非破壊	破壊				
1	B12	32.8	20	20	320	45.46	0.36	7,525	7,588	1.0	1,460	76.65	1.0
1	B19	32.8	20	20	320	49.51	0.39	8,360	7,408	0.89	1,636	85.89	
1	C2	32.8	20	20	320	48.41	0.38	7,734	8,945	1.2	1,780	93.45	
1	D7	32.8	20	20	320	46.94	0.37	7,513	8,405	1.1	1,557	81.74	
1	E1	32.8	20	20	320	47.25	0.37	6,589	8,042	1.2	1,686	88.52	
2	A11	32.8	20	20	320	48.24	0.38	8,414	8,484	1.0	1,602	84.11	
2	A12	32.8	20	20	320	48.83	0.38	8,531	8,750	1.0	1,752	91.98	
2	C6	32.8	20	20	320	46.61	0.36	7,745	7,795	1.0	1,417	74.39	
2	C8	32.8	20	20	320	44.82	0.35	7,678	7,728	1.0	1,458	76.55	
3	A16	32.8	20	20	320	46.49	0.36	7,908	8,136	1.0	1,453	76.28	
3	A18	32.8	20	20	320	43.38	0.34	6,231	6,483	1.0	1,207	63.37	
3	G1	32.8	20	20	320	45.82	0.36	6,919	7,159	1.0	1,492	78.33	
4	A7	32.8	20	20	320	50.31	0.39	8,649	9,085	1.1	1,667	87.52	
4	C6	32.8	20	20	320	44.95	0.35	7,800	8,071	1.0	1,432	75.18	
4	D6	32.8	20	20	320	48.04	0.38	7,770	7,982	1.0	1,622	85.16	
4	F1	32.8	20	20	320	48.32	0.38	8,472	8,521	1.0	1,656	86.94	
5	A2	32.8	20	20	320	47.10	0.37	8,198	8,424	1.0	1,513	79.43	
5	B10	32.8	20	20	320	47.55	0.37	8,150	8,130	1.0	1,573	82.58	
5	C6	32.8	20	20	320	50.47	0.39	7,258	7,380	1.0	1,246	65.42	
5	C3	32.8	20	20	320	50.53	0.39	8,853	8,818	1.0	1,796	94.29	
平均値		－	－	－	－	47.45	0.37	7,815	8,067	1.0	1,550	81.39	－
最大値		－	－	－	－	50.53	0.39	8,853	9,085	1.2	1,796	94.29	－
最小値		－	－	－	－	43.38	0.34	6,231	6,483	0.89	1,207	63.37	－
標準偏差		－	－	－	－	1.97	0.02	687	654	0.07	160	8.40	－
変動係数[%]		－	－	－	－	4.16	4.16	8.79	8.11	6.50	10.3	10.3	－

表 5-2 実験結果詳細一覧（スギ・100℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g・cm <sup>-3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率	
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)					
1	B16	100	20	20	320	50.66	49.74	49.96	0.40	0.39	0.39	7,496	7,853	1.0	1,732	90.93	
1	C8	100	20	20	320	45.74	44.88	45.02	0.36	0.35	0.35	7,648	8,116	1.1	1,526	80.12	
1	D5	100	20	20	320	45.40	44.49	44.68	0.35	0.35	0.35	8,215	8,231	1.0	1,617	84.89	
1	D9	100	20	20	320	45.82	45.05	45.12	0.36	0.35	0.35	6,987	7,708	1.1	1,572	82.53	
2	A6	100	20	20	320	50.99	49.97	50.18	0.40	0.39	0.39	7,551	7,896	1.0	1,753	92.03	
2	B17	100	20	20	320	46.32	45.32	45.56	0.36	0.35	0.36	6,458	6,524	1.0	1,092	57.33	
2	C2	100	20	20	320	48.04	47.15	47.28	0.38	0.37	0.37	8,520	8,737	1.0	1,758	92.30	
2	C7	100	20	20	320	44.30	43.30	43.58	0.35	0.34	0.34	7,606	7,800	1.0	1,506	79.07	
3	A8	100	20	20	320	48.07	47.11	47.35	0.38	0.37	0.37	8,165	8,319	1.0	1,562	82.01	
3	D7	100	20	20	320	48.34	47.24	47.48	0.38	0.37	0.37	8,721	8,823	1.0	1,776	93.24	
3	E1	100	20	20	320	46.70	45.77	46.02	0.36	0.36	0.36	7,761	7,999	1.0	1,607	84.37	
3	F2	100	20	20	320	41.58	40.63	40.97	0.32	0.32	0.32	6,954	7,120	1.0	1,365	71.66	
4	A17	100	20	20	320	49.15	47.96	48.33	0.38	0.37	0.38	6,721	6,791	1.0	1,491	78.28	
4	B10	100	20	20	320	45.13	44.16	44.32	0.35	0.35	0.35	7,527	7,634	1.0	1,421	74.60	
4	C5	100	20	20	320	47.02	46.14	46.29	0.37	0.36	0.36	7,826	7,993	1.0	1,573	82.58	
4	C11	100	20	20	320	50.21	49.32	49.5	0.39	0.39	0.39	8,277	8,366	1.0	1,735	91.09	
4	E1	100	20	20	320	48.00	46.80	47.28	0.38	0.37	0.37	8,663	8,792	1.0	1,717	90.14	
5	A20	100	20	20	320	44.35	43.04	43.57	0.35	0.34	0.34	6,297	6,258	0.99	1,253	65.78	
5	B11	100	20	20	320	45.24	43.87	44.41	0.35	0.34	0.35	7,382	7,556	1.0	1,475	77.44	
5	B15	100	20	20	320	49.29	48.21	48.47	0.39	0.38	0.38	7,099	7,239	1.0	1,907	100.1	
平均値		—	—	—	—	47.02	46.01	46.27	0.37	0.36	0.36	7,594	7,788	1.0	1,572	82.52	—
最大値		—	—	—	—	50.99	49.97	50.18	0.40	0.39	0.39	8,721	8,823	1.1	1,907	100.1	—
最小値		—	—	—	—	41.58	40.63	40.97	0.32	0.32	0.32	6,297	6,258	0.99	1,092	57.33	—
標準偏差		—	—	—	—	2.42	2.43	2.39	0.02	0.02	0.02	702	717	0.02	194	10.2	—
変動係数[%]		—	—	—	—	5.14	5.28	5.18	5.14	5.28	5.18	9.24	9.21	2.35	12.4	12.4	—

表 5-3 実験結果詳細一覧（スギ・150℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
1	A12	150	20	20	320	47.64	45.95	46.07	0.37	0.36	0.36	6,994	8,195	1.2	1,711	89.83
1	B17	150	20	20	320	48.44	46.79	47.09	0.38	0.37	0.37	7,420	7,587	1.0	1,592	83.58
1	C7	150	20	20	320	42.20	40.69	40.91	0.33	0.32	0.32	8,039	7,391	0.92	1,398	73.40
1	C12	150	20	20	320	47.48	46.01	46.11	0.37	0.36	0.36	7,709	8,199	1.1	1,670	87.68
2	B18	150	20	20	320	48.73	47.16	47.41	0.38	0.37	0.37	6,895	6,679	0.97	1,472	77.28
2	C9	150	20	20	320	45.28	43.64	43.94	0.35	0.34	0.34	7,274	7,465	1.0	1,532	80.43
2	C11	150	20	20	320	46.47	45.01	45.35	0.36	0.35	0.35	7,703	7,767	1.0	1,575	82.69
2	C12	150	20	20	320	47.67	45.98	46.43	0.37	0.36	0.36	8,117	8,124	1.0	1,566	82.22
2	D3	150	20	20	320	47.62	45.96	46.16	0.37	0.36	0.36	8,124	8,332	1.0	1,847	96.97
3	A11	150	20	20	320	48.88	47.20	47.47	0.38	0.37	0.37	8,454	8,562	1.0	1,688	88.62
3	B20	150	20	20	320	53.25	51.56	51.83	0.42	0.40	0.40	7,660	7,957	1.0	1,856	97.44
3	C11	150	20	20	320	44.44	42.72	43.01	0.35	0.33	0.34	7,103	7,075	1.0	1,437	75.44
4	B12	150	20	20	320	43.85	42.25	42.66	0.34	0.33	0.33	7,364	7,306	0.99	1,328	69.72
4	B14	150	20	20	320	43.15	43.90	41.89	0.34	0.34	0.33	6,846	6,864	1.0	1,377	72.29
4	D11	150	20	20	320	45.99	44.06	44.42	0.36	0.34	0.35	6,812	6,769	0.99	1,702	89.36
4	H1	150	20	20	320	46.82	45.53	45.73	0.37	0.36	0.36	8,119	8,101	1.0	1,717	90.14
4	H8	150	20	20	320	46.04	44.27	44.61	0.36	0.35	0.35	7,832	7,791	0.99	1,492	78.33
5	A9	150	20	20	320	44.35	43.30	43.69	0.35	0.34	0.34	7,961	7,904	0.99	1,538	80.75
5	A18	150	20	20	320	43.07	41.76	42.08	0.34	0.33	0.33	7,162	7,195	1.0	1,427	74.92
5	B14	150	20	20	320	45.45	41.55	44.28	0.36	0.32	0.35	7,374	7,369	1.0	1,546	81.17
平均値		—	—	—	—	46.34	44.76	45.06	0.36	0.35	0.35	7,548	7,632	1.0	1,574	82.61
最大値		—	—	—	—	53.25	51.56	51.83	0.42	0.40	0.40	8,454	8,562	1.2	1,856	97.44
最小値		—	—	—	—	42.20	40.69	40.91	0.33	0.32	0.32	6,812	6,679	0.92	1,328	69.72
標準偏差		—	—	—	—	2.56	2.51	2.49	0.02	0.02	0.02	494	547	0.05	149	7.84
変動係数[%]		—	—	—	—	5.53	5.61	5.52	5.53	5.61	5.52	6.54	7.17	4.65	9.49	9.49

1.0

表 5-4 実験結果詳細一覧（スギ・200℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
1	A16	200	20	20	320	45.39	42.85	43.09	0.35	0.33	0.34	7,165	7,227	1.0	1,487	78.07
1	B15	200	20	20	320	42.17	39.77	39.94	0.33	0.31	0.31	7,851	6,994	0.89	1,385	72.71
1	C6	200	20	20	320	47.86	45.28	45.44	0.37	0.35	0.36	7,293	7,735	1.1	1,612	84.63
1	D10	200	20	20	320	48.23	45.79	45.92	0.38	0.36	0.36	8,108	6,724	0.83	1,510	79.28
2	A9	200	20	20	320	50.33	47.42	47.65	0.39	0.37	0.37	7,291	7,232	0.99	1,396	73.29
2	B15	200	20	20	320	41.87	39.44	39.70	0.33	0.31	0.31	6,968	6,995	1.0	1,262	66.26
2	B16	200	20	20	320	52.29	46.16	49.61	0.41	0.36	0.39	7,888	8,072	1.0	1,686	88.52
2	B7	200	20	20	320	45.57	42.84	43.05	0.36	0.33	0.34	7,973	7,627	0.96	1,482	77.81
3	A12	200	20	20	320	48.65	45.40	45.72	0.38	0.35	0.36	8,385	8,315	0.99	1,593	83.63
3	B16	200	20	20	320	48.98	49.34	46.44	0.38	0.39	0.36	8,307	7,813	0.94	1,588	83.37
3	C8	200	20	20	320	44.04	41.56	41.87	0.34	0.32	0.33	7,616	7,351	0.97	1,460	76.65
3	C9	200	20	20	320	46.68	44.07	44.34	0.36	0.34	0.35	7,416	7,169	0.97	1,551	81.43
4	A11	200	20	20	320	47.32	44.64	44.99	0.37	0.35	0.35	8,802	8,569	0.97	1,576	82.74
4	B20	200	20	20	320	47.37	44.60	44.89	0.37	0.35	0.35	7,284	7,004	0.96	1,461	76.70
4	C10	200	20	20	320	46.42	43.91	44.16	0.36	0.34	0.35	7,127	6,947	0.97	1,506	79.07
4	C12	200	20	20	320	45.09	42.60	42.96	0.35	0.33	0.34	7,972	7,844	0.98	1,517	79.64
5	A7	200	20	20	320	51.62	48.77	49.00	0.40	0.38	0.38	8,425	8,660	1.0	1,698	89.15
5	A10	200	20	20	320	48.54	45.80	46.09	0.38	0.36	0.36	8,249	8,220	1.0	1,402	73.61
5	B17	200	20	20	320	46.15	43.50	43.85	0.36	0.34	0.34	7,798	7,513	0.96	1,382	72.56
5	C7	200	20	20	320	51.96	48.94	49.32	0.41	0.38	0.39	6,493	6,332	0.98	1,203	63.16
平均値		—	—	—	—	47.33	44.63	44.90	0.37	0.35	0.35	7,721	7,517	0.97	1,488	78.11
最大値		—	—	—	—	52.29	49.34	49.61	0.41	0.39	0.39	8,802	8,660	1.1	1,698	89.15
最小値		—	—	—	—	41.87	39.44	39.70	0.33	0.31	0.31	6,493	6,332	0.83	1,203	63.16
標準偏差		—	—	—	—	2.92	2.76	2.76	0.02	0.02	0.02	583	632	0.05	127	6.65
変動係数[%]		—	—	—	—	6.17	6.18	6.16	6.17	6.18	6.16	7.55	8.41	5.04	8.51	8.51

0.96

表 5-5 実験結果詳細一覧（スギ・230℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
1	A7	230	20	20	320	44.95	41.84	42.22	0.35	0.33	0.33	7.948	7.778	0.98	1,332	69.93	0.87
1	A20	230	20	20	320	42.49	39.78	40.06	0.33	0.31	0.31	7.229	5.704	0.79	1,318	69.20	
1	B2	230	20	20	320	42.49	39.76	40.11	0.33	0.31	0.31	7.846	7.033	0.90	1,270	66.68	
1	H2	230	20	20	320	48.99	45.80	46.15	0.38	0.36	0.36	7.245	8.074	1.1	1,650	86.63	
2	A7	230	20	20	320	44.84	42.06	42.57	0.35	0.33	0.33	7.895	7.633	0.97	1,471	77.23	
2	A14	230	20	20	320	43.52	41.61	42.12	0.34	0.33	0.33	7.203	7.209	1.0	1,393	73.13	
2	B6	230	20	20	320	45.56	42.36	42.71	0.36	0.33	0.33	7.056	6.795	0.96	1,268	66.57	
2	D9	230	20	20	320	48.50	45.08	45.37	0.38	0.35	0.35	7.768	7.703	0.99	1,486	78.02	
3	A9	230	20	20	320	47.27	43.70	43.83	0.37	0.34	0.34	7.593	7.504	0.99	1,311	68.83	
3	B2	230	20	20	320	46.14	42.83	43.21	0.36	0.33	0.34	8.234	7.859	0.95	1,442	75.71	
3	B6	230	20	20	320	46.26	42.60	42.76	0.36	0.33	0.33	7.574	7.449	0.98	1,308	68.67	
3	C12	230	20	20	320	48.02	43.45	43.76	0.38	0.34	0.34	8.222	7.849	0.95	1,531	80.38	
4	A10	230	20	20	320	46.88	42.16	42.67	0.37	0.33	0.33	7.924	7.484	0.94	1,287	67.57	
4	B6	230	20	20	320	47.44	43.64	43.98	0.37	0.34	0.34	8.025	7.717	0.96	1,222	64.16	
4	B15	230	20	20	320	47.16	43.55	43.83	0.37	0.34	0.34	7.152	7.045	0.99	1,243	65.26	
4	B19	230	20	20	320	52.85	48.25	48.60	0.41	0.38	0.38	7.230	7.320	1.0	1,457	76.49	
5	A8	230	20	20	320	45.85	41.40	41.77	0.36	0.32	0.33	7.649	7.038	0.92	1,202	63.11	
5	B19	230	20	20	320	55.18	50.21	50.49	0.43	0.39	0.39	7.760	7.086	0.91	1,478	77.60	
5	C5	230	20	20	320	49.22	43.55	44.42	0.38	0.34	0.35	8.405	7.165	0.85	1,366	71.72	
5	C10	230	20	20	320	48.44	44.02	43.77	0.38	0.34	0.34	6.961	6.355	0.91	966	50.72	
平均値		-	-	-	-	47.10	43.38	43.72	0.37	0.34	0.34	7.646	7.290	0.95	1350	70.88	-
最大値		-	-	-	-	55.18	50.21	50.49	0.43	0.39	0.39	8.405	8.074	1.1	1650	86.63	-
最小値		-	-	-	-	42.49	39.76	40.06	0.33	0.31	0.31	6.961	5.704	0.79	966	50.72	-
標準偏差		-	-	-	-	3.09	2.52	2.50	0.02	0.02	0.02	427	560	0.07	147	7.74	-
変動係数[%]		-	-	-	-	6.57	5.80	5.71	6.57	5.80	5.71	5.59	7.68	6.89	10.9	10.9	-

表 5-6 実験結果詳細一覧（スギ・急冷）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]
			幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)			
5	B6	100	20	20	320	46.72	45.89	46.04	0.37	0.36	0.36	8.193	8.245	1.01	1,465	76.91
5	D6	100	20	20	320	48.23	47.29	47.46	0.38	0.37	0.37	8.096	8.134	1.00	1,702	89.36
5	E2	150	20	20	320	49.70	47.89	48.27	0.39	0.37	0.38	8.526	8.540	1.00	1,947	102.22
5	F1	150	20	20	320	47.88	46.11	46.53	0.37	0.36	0.36	8.246	8.230	1.00	1,597	83.84
5	D10	200	20	20	320	43.18	40.61	40.94	0.34	0.32	0.32	7.080	6.892	0.97	1,371	71.98
5	H2	200	20	20	320	44.86	42.21	42.68	0.35	0.33	0.33	7.590	7.290	0.96	1,443	75.76
5	D2	230	20	20	320	47.88	43.45	43.74	0.37	0.34	0.34	6.680	7.728	1.16	1,490	78.23
5	D11	230	20	20	320	44.25	39.60	40.01	0.35	0.31	0.31	8.286	5.844	0.71	771	40.48

カラマツ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃

表 5-7 実験結果詳細一覧（カラマツ・常温）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量 [g]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ			非破壊	破壊				
3	A7	24.6	20	20	320	72.93	0.57	11,030	11,170	1.0	2,426	127.4	1.0
4	A13	24.6	20	20	320	64.86	0.51	9,408	9,956	1.1	2,182	114.6	
7	A8	24.6	20	20	320	75.04	0.59	11,760	11,690	0.99	2,733	143.5	
8	A7	24.6	20	20	320	70.71	0.55	10,340	10,330	1.0	2,331	122.4	
10	A7	24.6	20	20	320	73.00	0.57	11,080	11,230	1.0	2,586	135.8	
10	A14	24.6	20	20	320	69.42	0.54	10,650	10,590	0.99	2,412	126.6	
12	A6	24.6	20	20	320	68.40	0.53	8,903	8,765	0.98	1,677	88.04	
13	A2	24.6	20	20	320	70.64	0.55	9,947	9,965	1.0	2,423	127.2	
16	A4	24.6	20	20	320	67.34	0.53	8,945	8,933	1.0	1,915	100.5	
16	A18	24.6	20	20	320	69.04	0.54	10,380	9,435	0.91	2,208	115.9	
17	A5	24.6	20	20	320	71.41	0.56	9,315	9,927	1.1	2,290	120.2	
17	A13	24.6	20	20	320	72.22	0.56	9,978	10,020	1.0	2,016	105.8	
19	A1	24.6	20	20	320	71.18	0.56	9,417	9,006	0.96	2,317	121.6	
19	A4	24.6	20	20	320	73.05	0.57	7,980	7,135	0.89	1,693	88.88	
平均値		-	-	-	-	70.66	0.55	9,938	9,868	0.99	2,229	117.0	-
最大値		-	-	-	-	75.04	0.59	11,760	11,690	1.1	2,733	143.5	-
最小値		-	-	-	-	64.86	0.51	7,980	7,135	0.89	1,677	88.04	-
標準偏差		-	-	-	-	2.67	0.02	1,020	1,181	0.05	310	16.3	-
変動係数[%]		-	-	-	-	3.78	3.78	10.3	12.0	4.75	13.9	13.9	-

表 5-8 実験結果詳細一覧（カラマツ・100℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
4	A14	100	20	20	320	64.43	64.22	64.63	0.50	0.50	0.50	8,452	8,726	1.0	2,065	108.4	1.0
5	A3	100	20	20	320	69.71	69.49	69.8	0.54	0.54	0.55	10,610	10,920	1.0	2,622	137.7	
5	A7	100	20	20	320	73.64	73.37	73.77	0.58	0.57	0.58	10,400	10,550	1.0	2,226	116.9	
6	A3	100	20	20	320	67.11	66.82	67.12	0.52	0.52	0.52	9,253	9,381	1.0	2,410	126.5	
6	A9	100	20	20	320	68.88	68.54	68.88	0.54	0.54	0.54	9,898	10,100	1.0	2,537	133.2	
6	A13	100	20	20	320	68.05	67.80	68.27	0.53	0.53	0.53	8,955	8,462	0.94	1,822	95.66	
8	A11	100	20	20	320	73.28	73.04	73.36	0.57	0.57	0.57	11,700	12,120	1.0	3,207	168.4	
13	A7	100	20	20	320	73.46	73.15	73.46	0.57	0.57	0.57	10,290	10,350	1.0	2,573	135.1	
15	A4	100	20	20	320	73.25	72.80	73.13	0.57	0.57	0.57	9,310	8,915	0.96	1,432	75.18	
18	A11	100	20	20	320	66.85	66.46	66.88	0.52	0.52	0.52	8,810	8,920	1.0	1,797	94.34	
14	A2	100	20	20	320	71.70	71.30	71.56	0.56	0.56	0.56	11,220	11,420	1.0	2,612	137.1	
15	A10	100	20	20	320	72.73	72.46	72.75	0.57	0.57	0.57	9,995	10,460	1.0	2,505	131.5	
17	A4	100	20	20	320	70.24	69.88	70.27	0.55	0.55	0.55	9,818	9,861	1.0	2,055	107.9	
18	A3	100	20	20	320	67.42	67.01	67.35	0.53	0.52	0.53	7,901	7,415	0.94	1,660	87.15	
20	A7	100	20	20	320	70.44	69.99	70.34	0.55	0.55	0.55	10,980	11,070	1.0	2,403	126.2	
平均値		-	-	-	-	70.08	69.76	70.10	0.55	0.54	0.55	9,839	9,911	1.0	2,262	118.7	-
最大値		-	-	-	-	73.64	73.37	73.77	0.58	0.57	0.58	11,700	12,120	1.0	3,207	168.4	-
最小値		-	-	-	-	64.43	64.22	64.63	0.50	0.50	0.50	7,901	7,415	0.94	1,432	75.18	-
標準偏差		-	-	-	-	2.90	2.90	2.87	0.02	0.02	0.02	1,068	1,266	0.03	460	24.1	-
変動係数[%]		-	-	-	-	4.15	4.15	4.10	4.15	4.15	4.10	10.9	12.8	3.25	20.3	20.3	-

表 5-9 実験結果詳細一覧（カラマツ・150℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
1	A2	150	20	20	320	70.79	70.25	70.47	0.55	0.55	0.55	10,230	10,550	1.0	2,320	121.8	1.0
5	A13	150	20	20	320	65.39	64.78	64.99	0.51	0.51	0.51	8,882	9,358	1.1	2,127	111.7	
6	A18	150	20	20	320	68.81	68.20	68.39	0.54	0.53	0.53	9,145	9,370	1.0	2,431	127.6	
9	A15	150	20	20	320	68.87	68.25	68.43	0.54	0.53	0.53	10,860	11,200	1.0	2,651	139.2	
14	A1	150	20	20	320	73.78	72.96	73.17	0.58	0.57	0.57	11,260	11,420	1.0	2,777	145.8	
6	A11	150	20	20	320	66.45	65.62	65.87	0.52	0.51	0.51	8,732	8,960	1.0	2,281	119.8	
7	A10	150	20	20	320	70.29	69.31	69.53	0.55	0.54	0.54	9,193	9,217	1.0	2,251	118.2	
8	A2	150	20	20	320	69.10	68.10	68.31	0.54	0.53	0.53	10,540	10,520	1.0	2,567	134.8	
8	A3	150	20	20	320	70.25	69.31	69.51	0.55	0.54	0.54	10,410	10,510	1.0	2,650	139.1	
12	A10	150	20	20	320	74.46	73.12	73.39	0.58	0.57	0.57	10,000	9,954	1.0	2,296	120.5	
4	A7	150	20	20	320	64.84	63.98	64.26	0.51	0.50	0.50	9,804	9,480	0.97	1,827	95.92	
13	A11	150	20	20	320	72.47	71.44	71.77	0.57	0.56	0.56	7,679	7,711	1.0	1,418	74.45	
14	A7	150	20	20	320	74.95	73.70	73.86	0.59	0.58	0.58	11,590	11,790	1.0	2,446	128.4	
18	A14	150	20	20	320	71.03	69.71	69.95	0.55	0.54	0.55	8,311	8,436	1.0	1,860	97.65	
19	A3	150	20	20	320	68.82	67.57	67.81	0.54	0.53	0.53	10,050	10,080	1.0	2,321	121.9	
平均値		—	—	—	—	70.02	69.09	69.31	0.55	0.54	0.54	9,779	9,904	1.0	2,282	119.8	—
最大値		—	—	—	—	74.95	73.70	73.86	0.59	0.58	0.58	11,590	11,790	1.1	2,777	145.8	—
最小値		—	—	—	—	64.84	63.98	64.26	0.51	0.50	0.50	7,679	7,711	0.97	1,418	74.45	—
標準偏差		—	—	—	—	3.07	2.94	2.94	0.02	0.02	0.02	1,107	1,128	0.02	359	18.9	—
変動係数[%]		—	—	—	—	4.39	4.26	4.24	4.39	4.26	4.24	11.3	11.4	1.97	15.7	15.7	—

表 5-10 実験結果詳細一覧（カラマツ・200℃）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
7	A1	200	20	20	320	71.54	69.66	69.86	0.56	0.54	0.55	10,260	10,540	1.0	2,526	132.6	0.87
7	A5	200	20	20	320	67.95	66.22	66.44	0.53	0.52	0.52	9,104	9,197	1.0	1,817	95.39	
7	A13	200	20	20	320	74.26	72.88	73.09	0.58	0.57	0.57	11,350	11,340	1.0	2,627	137.9	
11	A6	200	20	20	320	68.13	66.77	67.04	0.53	0.52	0.52	8,380	8,554	1.0	2,023	106.2	
18	A8	200	20	20	320	75.03	73.00	73.3	0.59	0.57	0.57	9,072	9,405	1.0	1,672	87.78	
5	A12	200	20	20	320	75.35	73.34	73.52	0.59	0.57	0.57	11,510	12,010	1.0	2,507	131.6	
11	A3	200	20	20	320	65.88	63.99	64.29	0.51	0.50	0.50	7,638	7,309	0.96	997	52.34	
11	A10	200	20	20	320	70.50	67.66	67.84	0.55	0.53	0.53	9,594	9,260	0.97	2,035	106.8	
14	A3	200	20	20	320	72.97	70.12	70.3	0.57	0.55	0.55	10,740	10,440	0.97	2,273	119.3	
14	A8	200	20	20	320	69.30	67.01	67.24	0.54	0.52	0.53	9,154	9,182	1.0	1,948	102.3	
14	A14	200	20	20	320	70.08	76.62	67.84	0.55	0.60	0.53	10,070	9,195	0.91	1,818	95.45	
15	A8	200	20	20	320	73.33	70.63	70.84	0.57	0.55	0.55	10,510	9,569	0.91	1,766	92.72	
16	A9	200	20	20	320	73.03	70.09	70.32	0.57	0.55	0.55	10,170	9,802	0.96	1,673	87.83	
17	A9	200	20	20	320	71.06	68.09	68.32	0.56	0.53	0.53	9,003	8,735	0.97	1,537	80.69	
18	A2	200	20	20	320	70.53	67.35	67.59	0.55	0.53	0.53	8,692	8,217	0.95	1,710	89.78	
平均値		—	—	—	—	71.26	69.56	69.19	0.56	0.54	0.54	9,683	9,517	0.98	1,929	101.3	—
最大値		—	—	—	—	75.35	76.62	73.52	0.59	0.60	0.57	11,510	12,010	1.0	2,627	137.9	—
最小値		—	—	—	—	65.88	63.99	64.29	0.51	0.50	0.50	7,638	7,309	0.91	997	52.34	—
標準偏差		—	—	—	—	2.76	3.34	2.72	0.02	0.03	0.02	1,101	1,196	0.04	428	22.5	—
変動係数[%]		—	—	—	—	3.87	4.80	3.93	3.87	4.80	3.93	11.4	12.6	4.26	22.2	22.2	—

表 5-11 実験結果詳細一覧（カラマツ・250℃）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
1	A12	250	20	20	320	64.47	56.22	56.39	0.50	0.44	0.44	8.486	6.702	0.79	887	46.57
4	A8	250	20	20	320	70.92	61.41	61.57	0.55	0.48	0.48	12.310	8.517	0.69	1,407	73.87
4	A16	250	20	20	320	62.64	53.74	53.96	0.49	0.42	0.42	7.670	6.129	0.80	527	27.67
6	A14	250	20	20	320	74.74	64.89	65.11	0.58	0.51	0.51	11.470	9.067	0.79	1,215	63.79
13	A9	250	20	20	320	68.91	58.27	58.54	0.54	0.46	0.46	8.094	6.202	0.77	685	35.96
16	A13	250	20	20	320	70.90	59.12	59.35	0.55	0.46	0.46	9.575	7.118	0.74	805	42.26
17	A15	250	20	20	320	68.55	57.77	58.1	0.54	0.45	0.45	7.441	5.396	0.73	540	28.35
1	A5	250	20	20	320	61.84	52.65	52.96	0.48	0.41	0.41	7.352	5.479	0.75	823	43.21
8	A5	250	20	20	320	71.15	59.93	60.15	0.56	0.47	0.47	11.040	8.164	0.74	1,437	75.44
9	A5	250	20	20	320	73.93	62.41	62.68	0.58	0.49	0.49	11.810	9.069	0.77	1,327	69.67
16	A1	250	20	20	320	70.77	60.35	60.7	0.55	0.47	0.47	8.824	6.671	0.76	786	41.27
16	A2	250	20	20	320	68.49	57.24	57.62	0.54	0.45	0.45	7.722	5.313	0.69	781	41.00
16	A7	250	20	20	320	71.59	58.32	59.36	0.56	0.46	0.46	8.199	5.891	0.72	628	32.97
17	A7	250	20	20	320	70.60	58.35	58.79	0.55	0.46	0.46	7.479	5.097	0.68	552	28.98
平均値		-	-	-	-	69.25	58.62	58.95	0.54	0.46	0.46	9.105	6.773	0.74	886	46.50
最大値		-	-	-	-	74.74	64.89	65.11	0.58	0.51	0.51	12.310	9.069	0.80	1,437	75.44
最小値		-	-	-	-	61.84	52.65	52.96	0.48	0.41	0.41	7.352	5.097	0.68	527	27.67
標準偏差		-	-	-	-	3.86	3.22	3.21	0.03	0.03	0.03	1.796	1.405	0.04	325	17.1
変動係数[%]		-	-	-	-	5.57	5.49	5.44	5.57	5.49	5.44	19.7	20.8	5.18	36.7	36.7

表 5-12 実験結果詳細一覧（カラマツ・急冷）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)			
20	A2	100	20	20	320	69.01	68.47	68.59	0.54	0.53	0.54	9.460	9.793	1.0	2,503
20	A12	100	20	20	320	73.48	72.86	72.94	0.57	0.57	0.57	8.058	8.071	1.0	1,735
19	A5	150	20	20	320	73.63	72.47	72.59	0.58	0.57	0.57	9.003	9.166	1.0	1,986
19	A12	150	20	20	320	71.26	70.00	70.17	0.56	0.55	0.55	9.516	9.430	0.99	2,128
19	A13	200	20	20	320	70.79	67.81	68.03	0.55	0.53	0.53	10.570	9.254	0.88	2,057
20	A5	200	20	20	320	70.04	67.30	67.53	0.55	0.53	0.53	9.741	9.213	0.95	2,047
9	A9	250	20	20	320	72.81	62.08	62.28	0.57	0.49	0.49	12.290	9.665	0.79	1,478

ベイマツ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃

表 5-13 実験結果詳細一覧（ベイマツ・常温）

試験体名		温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量 [g]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ			非破壊	破壊				
1	A11	15.4	20	20	320	67.26	0.53	11,150	11,290	1.0	2,532	132.9	1.0
2	A14	15.4	20	20	320	64.23	0.50	11,730	11,930	1.0	2,442	128.2	
2	A18	15.4	20	20	320	66.67	0.52	11,930	11,650	0.98	2,516	132.1	
3	A11	15.4	20	20	320	61.85	0.48	11,320	11,740	1.0	2,457	129.0	
3	A21	15.4	20	20	320	67.19	0.52	12,590	12,810	1.0	2,430	127.6	
4	A15	15.4	20	20	320	59.32	0.46	11,140	11,280	1.0	2,190	115.0	
5	A19	15.4	20	20	320	65.59	0.51	12,780	12,850	1.0	2,257	118.5	
6	A12	15.4	20	20	320	64.74	0.51	12,090	12,320	1.0	2,457	129.0	
7	A11	15.4	20	20	320	64.36	0.50	12,270	12,370	1.0	2,371	124.5	
8	A2	15.4	20	20	320	63.75	0.50	11,720	11,810	1.0	2,423	127.2	
8	A9	15.4	20	20	320	66.61	0.52	12,080	12,260	1.0	2,087	109.6	
8	A15	15.4	20	20	320	63.76	0.50	12,270	12,320	1.0	2,297	120.6	
10	A17	15.4	20	20	320	61.66	0.48	11,930	11,630	0.97	2,208	115.9	
11	A12	15.4	20	20	320	62.41	0.49	12,580	12,240	0.97	2,227	116.9	
11	A15	15.4	20	20	320	63.35	0.49	11,380	11,770	1.0	1,865	97.91	
平均値		—	—	—	—	64.18	0.50	11,931	12,018	1.0	2,317	121.7	—
最大値		—	—	—	—	67.26	0.53	12,780	12,850	1.0	2,532	132.9	—
最小値		—	—	—	—	59.32	0.46	11,140	11,280	0.97	1,865	97.91	—
標準偏差		—	—	—	—	2.28	0.02	524	484	0.02	182	9.57	—
変動係数[%]		—	—	—	—	3.55	3.55	4.40	4.03	1.92	7.86	7.86	—

表 5-14 実験結果詳細一覧（ベイマツ・100℃）

試験体名		温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
			幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
1	A21	100	20	20	320	61.63	60.94	61.07	0.48	0.48	0.48	11,170	11,270	1.0	2,303	120.9	1.0
3	A20	100	20	20	320	61.93	61.20	61.34	0.48	0.48	0.48	12,110	12,270	1.0	2,328	122.2	
4	A2	100	20	20	320	61.73	61.12	61.21	0.48	0.48	0.48	10,990	10,970	1.0	2,327	122.2	
4	A22	100	20	20	320	62.26	61.66	61.78	0.49	0.48	0.48	12,040	11,870	0.99	2,327	122.2	
4	A23	100	20	20	320	64.09	63.38	63.52	0.50	0.50	0.50	12,550	12,360	0.98	2,425	127.3	
5	A2	100	20	20	320	64.72	63.72	63.87	0.51	0.50	0.50	11,500	11,370	0.99	2,266	119.0	
6	A4	100	20	20	320	65.62	64.73	64.88	0.51	0.51	0.51	11,900	12,110	1.0	2,537	133.2	
6	A8	100	20	20	320	64.91	63.89	64.07	0.51	0.50	0.50	11,740	11,830	1.0	2,351	123.4	
6	A16	100	20	20	320	62.72	61.81	61.95	0.49	0.48	0.48	12,750	12,720	1.0	2,381	125.0	
7	A1	100	20	20	320	66.03	65.03	65.18	0.52	0.51	0.51	11,700	11,670	1.0	2,258	118.5	
7	A3	100	20	20	320	61.77	60.45	60.6	0.48	0.47	0.47	11,130	10,790	0.97	2,157	113.2	
7	A6	100	20	20	320	62.30	61.10	61.21	0.49	0.48	0.48	11,000	10,920	0.99	2,162	113.5	
8	A16	100	20	20	320	67.16	65.92	66.06	0.52	0.52	0.52	12,600	12,190	0.97	2,546	133.7	
9	A2	100	20	20	320	65.87	64.78	64.9	0.51	0.51	0.51	12,260	11,980	0.98	2,492	130.8	
10	A13	100	20	20	320	65.49	64.19	64.33	0.51	0.50	0.50	12,380	12,580	1.0	2,342	123.0	
平均値		—	—	—	—	63.88	62.93	63.06	0.50	0.49	0.49	11,855	11,793	0.99	2,347	123.2	—
最大値		—	—	—	—	67.16	65.92	66.06	0.52	0.52	0.52	12,750	12,720	1.0	2,546	133.7	—
最小値		—	—	—	—	61.63	60.45	60.60	0.48	0.47	0.47	10,990	10,790	0.97	2,157	113.2	—
標準偏差		—	—	—	—	1.91	1.81	1.82	0.01	0.01	0.01	599	612	0.02	117	6.15	—
変動係数[%]		—	—	—	—	2.99	2.88	2.89	2.99	2.88	2.89	5.05	5.19	1.62	4.99	4.99	—



表 5-15 実験結果詳細一覧（バイマツ・150℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
2	A5	150	20	20	320	67.91	65.04	65.26	0.53	0.51	0.51	11,020	10,880	0.99	2,492	130.8
3	A13	150	20	20	320	67.13	64.72	64.9	0.52	0.51	0.51	11,940	11,900	1.0	2,632	138.2
3	A14	150	20	20	320	63.63	61.54	61.74	0.50	0.48	0.48	12,020	11,950	0.99	2,556	134.2
4	A18	150	20	20	320	68.89	66.68	66.79	0.54	0.52	0.52	12,400	12,290	0.99	2,620	137.6
8	A13	150	20	20	320	62.50	60.01	60.23	0.49	0.47	0.47	11,250	11,210	1.0	2,141	112.4
3	A15	150	20	20	320	68.32	65.18	65.41	0.53	0.51	0.51	10,970	10,710	0.98	2,407	126.4
6	A21	150	20	20	320	62.70	60.11	60.17	0.49	0.47	0.47	12,130	12,060	0.99	2,367	124.3
7	A19	150	20	20	320	63.10	60.79	60.93	0.49	0.47	0.48	12,230	12,430	1.0	2,507	131.6
7	A22	150	20	20	320	63.62	61.09	61.25	0.50	0.48	0.48	11,780	11,590	0.98	2,270	119.2
9	A21	150	20	20	320	60.58	57.88	58.05	0.47	0.45	0.45	11,890	11,780	0.99	2,403	126.2
10	A1	150	20	20	320	68.73	55.73	55.91	0.54	0.44	0.44	11,190	11,030	0.99	2,198	115.4
10	A18	150	20	20	320	63.19	60.30	60.44	0.49	0.47	0.47	12,540	12,390	0.99	2,317	121.6
10	A26	150	20	20	320	60.37	57.64	57.81	0.47	0.45	0.45	11,540	11,320	0.98	2,335	122.6
10	A27	150	20	20	320	58.88	56.30	56.5	0.46	0.44	0.44	11,120	10,790	0.97	2,355	123.6
11	A20	150	20	20	320	65.39	61.91	62.16	0.51	0.48	0.49	12,640	12,590	1.0	2,321	121.9
平均値		-	-	-	-	64.33	60.99	61.17	0.50	0.48	0.48	11,777	11,661	0.99	2,395	125.7
最大値		-	-	-	-	68.89	66.68	66.79	0.54	0.52	0.52	12,640	12,590	1.0	2,632	138.2
最小値		-	-	-	-	58.88	55.73	55.91	0.46	0.44	0.44	10,970	10,710	0.97	2,141	112.4
標準偏差		-	-	-	-	3.24	3.32	3.32	0.03	0.03	0.03	566	638	0.01	144	7.57
変動係数[%]		-	-	-	-	5.04	5.44	5.43	5.04	5.44	5.43	4.80	5.47	1.07	6.02	6.02

表 5-16 実験結果詳細一覧（バイマツ・200℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
1	A4	200	20	20	320	61.36	57.91	58.16	0.48	0.45	0.45	11,020	9,982	0.91	1,982	104.1
3	A8	200	20	20	320	65.68	61.99	62.23	0.51	0.48	0.49	11,630	11,310	0.97	2,128	111.7
3	A12	200	20	20	320	62.50	59.43	59.63	0.49	0.46	0.47	11,950	11,430	0.96	2,517	132.1
5	A8	200	20	20	320	64.21	60.88	61.04	0.50	0.48	0.48	12,010	12,050	1.0	2,241	117.7
7	A25	200	20	20	320	64.35	60.57	60.75	0.50	0.47	0.47	12,660	11,850	0.94	2,385	125.2
1	A8	200	20	20	320	65.18	61.13	61.33	0.51	0.48	0.48	10,920	10,780	0.99	2,236	117.4
1	A15	200	20	20	320	61.87	58.55	58.7	0.48	0.46	0.46	11,560	11,690	1.0	2,285	120.0
4	A7	200	20	20	320	68.31	64.10	64.33	0.53	0.50	0.50	11,800	11,550	0.98	2,372	124.5
7	A14	200	20	20	320	69.23	65.18	65.36	0.54	0.51	0.51	12,730	12,420	0.98	2,591	136.0
7	A28	200	20	20	320	69.05	64.76	64.99	0.54	0.51	0.51	12,140	11,720	0.97	2,581	135.5
3	A4	200	20	20	320	62.09	58.04	58.26	0.49	0.45	0.46	10,920	10,630	0.97	2,022	106.2
7	A23	200	20	20	320	67.51	63.29	63.48	0.53	0.49	0.50	11,860	11,610	0.98	2,340	122.9
8	A23	200	20	20	320	68.66	64.15	64.34	0.54	0.50	0.50	12,440	11,340	0.91	2,532	132.9
8	A27	200	20	20	320	61.81	57.82	58.04	0.48	0.45	0.45	11,080	10,250	0.93	2,228	117.0
13	A26	200	20	20	320	67.34	62.72	62.92	0.53	0.49	0.49	12,200	11,630	0.95	1,823	95.71
平均値		-	-	-	-	65.28	61.37	61.57	0.51	0.48	0.48	11,795	11,349	0.96	2,284	119.9
最大値		-	-	-	-	69.23	65.18	65.36	0.54	0.51	0.51	12,730	12,420	1.0	2,591	136.0
最小値		-	-	-	-	61.36	57.82	58.04	0.48	0.45	0.45	10,920	9,982	0.91	1,823	95.71
標準偏差		-	-	-	-	2.91	2.61	2.61	0.02	0.02	0.02	605	668	0.03	227	11.93
変動係数[%]		-	-	-	-	4.46	4.25	4.24	4.46	4.25	4.24	5.13	5.89	3.24	9.95	9.95

表 5-17 実験結果詳細一覧（バイマツ・250℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
1	A29	250	20	20	320	64.49	58.23	58.4	0.50	0.45	0.46	12,450	11,130	0.89	2,141	112.4
2	A4	250	20	20	320	62.72	55.86	56.07	0.49	0.44	0.44	10,920	9,633	0.88	1,437	75.44
4	A11	250	20	20	320	66.33	59.38	59.58	0.52	0.46	0.47	12,150	10,740	0.88	1,927	101.2
4	A14	250	20	20	320	67.28	59.40	58.94	0.53	0.46	0.46	11,230	9,650	0.86	1,476	77.49
4	A21	250	20	20	320	67.74	58.71	59.58	0.53	0.46	0.47	12,700	11,140	0.88	1,647	86.47
5	A14	250	20	20	320	68.41	60.46	60.7	0.53	0.47	0.47	11,850	10,400	0.88	1,583	83.11
10	A11	250	20	20	320	67.04	59.67	59.86	0.52	0.47	0.47	11,590	9,945	0.86	1,696	89.04
1	A23	250	20	20	320	63.34	55.83	56.04	0.49	0.44	0.44	12,140	10,260	0.85	1,572	82.53
9	A13	250	20	20	320	62.57	54.65	54.91	0.49	0.43	0.43	11,070	9,331	0.84	1,415	74.29
9	A27	250	20	20	320	61.52	54.62	54.8	0.48	0.43	0.43	11,230	9,718	0.87	1,752	91.98
10	A22	250	20	20	320	62.75	54.62	54.91	0.49	0.43	0.43	11,030	9,283	0.84	1,435	75.34
10	A24	250	20	20	320	65.18	57.83	58.01	0.51	0.45	0.45	12,700	11,470	0.90	1,763	92.56
10	A30	250	20	20	320	63.11	55.50	55.65	0.49	0.43	0.43	11,990	9,393	0.78	1,673	87.83
11	A1	250	20	20	320	62.63	55.65	55.75	0.49	0.43	0.44	11,600	10,050	0.87	1,452	76.23
13	A15	250	20	20	320	68.02	58.67	58.78	0.53	0.46	0.46	12,480	10,890	0.87	1,883	98.86
平均値		—	—	—	—	64.88	57.27	57.47	0.51	0.45	0.45	11,809	10,202	0.86	1,657	86.98
最大値		—	—	—	—	68.41	60.46	60.70	0.53	0.47	0.47	12,700	11,470	0.90	2,141	112.4
最小値		—	—	—	—	61.52	54.62	54.80	0.48	0.43	0.43	10,920	9,283	0.78	1,415	74.29
標準偏差		—	—	—	—	2.39	2.09	2.08	0.02	0.02	0.02	622	725	0.03	211	11.1
変動係数[%]		—	—	—	—	3.68	3.64	3.62	3.68	3.64	3.62	5.27	7.11	3.31	12.7	12.7

表 5-18 実験結果詳細一覧（バイマツ・急冷）

試験体名		温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]
			幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)			
10	A21	100	20	20	320	63.10	61.68	61.76	0.49	0.48	0.48	11,320	11,670	1.0	2,056	107.9
13	A17	100	20	20	320	62.65	61.32	61.39	0.49	0.48	0.48	11,940	12,370	1.0	2,392	125.6
12	A16	150	20	20	320	65.67	62.56	62.74	0.51	0.49	0.49	12,750	12,500	0.98	2,602	136.6
13	A14	150	20	20	320	61.88	59.01	59.29	0.48	0.46	0.46	11,700	11,220	0.96	2,121	111.4
12	A3	200	20	20	320	66.30	62.03	62.18	0.52	0.48	0.49	12,500	11,830	0.95	2,362	124.0
13	A2	200	20	20	320	58.51	54.32	54.51	0.46	0.42	0.43	11,250	10,770	0.96	2,088	109.6
9	A25	250	20	20	320	62.73	55.75	55.95	0.49	0.44	0.44	11,970	10,320	0.86	1,697	89.09
13	A22	250	20	20	320	63.51	55.36	55.61	0.50	0.43	0.43	11,840	10,130	0.86	1,476	77.49

ケヤキ：常温、100℃、150℃、200℃、250℃

表 5-19 実験結果詳細一覧（ケヤキ・常温）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量 [g]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		常温時 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	常温時 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ			非破壊	破壊				
A13-2	26.5	20	20	320	88.51	0.69	11,580	11,510	0.99	2,572	135.0	1.0
A16-2	26.5	20	20	320	85.94	0.67	10,510	10,390	0.99	2,506	131.6	
B10-3	26.5	20	20	320	90.02	0.70	10,000	10,020	1.0	2,141	112.4	
B1-1	26.5	20	20	320	90.70	0.71	11,010	11,220	1.0	2,273	119.3	
B11-1	26.5	20	20	320	88.21	0.69	10,500	10,650	1.0	2,507	131.6	
B2-3	26.5	20	20	320	84.05	0.66	11,050	11,080	1.0	2,285	120.0	
B3-2	26.5	20	20	320	89.56	0.70	13,510	13,400	0.99	2,790	146.5	
C1-1	26.5	20	20	320	74.15	0.58	9,201	9,199	1.0	2,152	113.0	
C3-1	26.5	20	20	320	76.93	0.60	7,848	7,956	1.0	2,066	108.5	
C5-3	26.5	20	20	320	75.18	0.59	8,657	8,629	1.0	2,273	119.3	
C8-1	26.5	20	20	320	88.88	0.69	12,390	12,430	1.0	2,961	155.5	
D1-2	26.5	20	20	320	83.67	0.65	10,010	9,851	0.98	2,375	124.7	
D8-3	26.5	20	20	320	91.07	0.71	12,360	12,290	0.99	2,846	149.4	
E2-2	26.5	20	20	320	74.95	0.59	8,675	8,592	0.99	2,192	115.1	
平均値	-	-	-	-	84.42	0.66	10,522	10,516	1.0	2,424	127.3	-
最大値	-	-	-	-	91.07	0.71	13,510	13,400	1.0	2,961	155.5	-
最小値	-	-	-	-	74.15	0.58	7,848	7,956	0.98	2,066	108.5	-
標準偏差	-	-	-	-	6.40	0.05	1,611	1,598	0.01	283	14.8	-
変動係数[%]	-	-	-	-	7.58	7.58	15.3	15.2	1.04	11.7	11.7	-

表 5-20 実験結果詳細一覧（ケヤキ・100℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
A10-3	100	20	20	320	83.72	83.15	88.23	0.65	0.65	0.69	10,650	10,630	1.0	2,057	108.0	0.95
A16-4	100	20	20	320	89.14	88.57	88.62	0.70	0.69	0.69	10,930	10,770	0.99	2,657	139.5	
A4-4	100	20	20	320	85.56	85.00	85.07	0.67	0.66	0.66	8,801	8,824	1.0	1,881	98.75	
A5-3	100	20	20	320	80.03	79.54	79.63	0.63	0.62	0.62	9,132	8,436	0.92	2,157	113.2	
A7-3	100	20	20	320	78.38	77.94	78.04	0.61	0.61	0.61	8,571	8,564	1.0	1,712	89.88	
A7-4	100	20	20	320	83.18	82.36	82.48	0.65	0.64	0.64	10,460	10,500	1.0	2,428	127.5	
B5-1	100	20	20	320	87.01	86.19	86.37	0.68	0.67	0.67	12,580	12,380	0.98	2,510	131.8	
B6-2	100	20	20	320	91.18	90.30	90.52	0.71	0.71	0.71	11,270	11,440	1.0	2,088	109.6	
C5-2	100	20	20	320	75.82	74.99	75.19	0.59	0.59	0.59	8,235	8,148	0.99	1,897	99.59	
C7-4	100	20	20	320	88.42	87.56	87.74	0.69	0.68	0.69	11,760	11,740	1.0	2,762	145.0	
D1-1	100	20	20	320	74.71	73.76	73.86	0.58	0.58	0.58	10,120	10,010	0.99	2,308	121.2	
D5-4	100	20	20	320	88.05	87.03	87.15	0.69	0.68	0.68	11,490	11,360	0.99	2,335	122.6	
D6-3	100	20	20	320	90.96	89.90	89.99	0.71	0.70	0.70	12,070	12,210	1.0	2,802	147.1	
D8-1	100	20	20	320	90.82	89.62	89.83	0.71	0.70	0.70	9,455	9,404	0.99	1,598	83.90	
G2-2	100	20	20	320	81.95	80.90	81.01	0.64	0.63	0.63	9,817	9,968	1.0	2,563	134.6	
H1-3	100	20	20	320	91.45	90.28	90.37	0.71	0.71	0.71	13,200	13,230	1.0	2,962	155.5	
平均値	-	-	-	-	85.02	84.19	84.63	0.66	0.66	0.66	10,534	10,476	0.99	2,295	120.5	-
最大値	-	-	-	-	91.45	90.30	90.52	0.71	0.71	0.71	13,200	13,230	1.0	2,962	155.5	-
最小値	-	-	-	-	74.71	73.76	73.86	0.58	0.58	0.58	8,235	8,148	0.92	1,598	83.90	-
標準偏差	-	-	-	-	5.57	5.47	5.55	0.04	0.04	0.04	1,477	1,532	0.02	405	21.3	-
変動係数[%]	-	-	-	-	6.55	6.50	6.56	6.55	6.50	6.56	14.0	14.6	2.12	17.7	17.7	-

表 5-21 実験結果詳細一覧（ケヤキ・150℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
A10-2	150	20	20	320	91.05	88.45	88.50	0.71	0.69	0.69	10,920	10,620	0.97	1,742	91.46	0.89
A11-4	150	20	20	320	83.72	81.47	81.54	0.65	0.64	0.64	10,130	9,954	0.98	1,681	88.25	
A12-2	150	20	20	320	86.76	84.44	84.59	0.68	0.66	0.66	12,030	11,760	0.98	2,477	130.0	
A17	150	20	20	320	86.90	84.56	84.70	0.68	0.66	0.66	10,740	10,610	0.99	2,220	116.6	
A2-2	150	20	20	320	79.66	79.39	77.57	0.62	0.62	0.61	9,520	9,380	0.99	2,256	118.4	
B1-2	150	20	20	320	73.94	71.87	72.00	0.58	0.56	0.56	8,278	8,343	1.0	1,378	72.35	
B2-1	150	20	20	320	89.65	87.17	87.36	0.70	0.68	0.68	12,700	11,840	0.93	2,788	146.4	
B4-3	150	20	20	320	81.70	79.34	79.47	0.64	0.62	0.62	11,300	11,090	0.98	2,432	127.7	
C6-3	150	20	20	320	87.67	85.18	85.37	0.68	0.67	0.67	11,800	11,690	0.99	2,113	110.9	
C8-2	150	20	20	320	90.10	87.51	87.69	0.70	0.68	0.69	11,400	11,420	1.0	2,451	128.7	
D3-2	150	20	20	320	73.42	71.10	71.23	0.57	0.56	0.56	9,769	9,615	0.98	1,977	103.8	
D3-4	150	20	20	320	96.67	93.70	93.84	0.76	0.73	0.73	13,150	12,920	0.98	2,945	154.6	
D4-3	150	20	20	320	85.77	83.08	83.23	0.67	0.65	0.65	10,430	10,300	0.99	1,826	95.87	
E1-2	150	20	20	320	76.55	74.12	74.25	0.60	0.58	0.58	8,539	8,368	0.98	1,902	99.86	
E1-4	150	20	20	320	79.41	76.89	77.08	0.62	0.60	0.60	8,880	8,599	0.97	2,142	112.5	
平均値	-	-	-	-	84.20	81.88	81.89	0.66	0.64	0.64	10,639	10,434	0.98	2,155	113.2	-
最大値	-	-	-	-	96.67	93.70	93.84	0.76	0.73	0.73	13,150	12,920	1.0	2,945	154.6	-
最小値	-	-	-	-	73.42	71.10	71.23	0.57	0.56	0.56	8,278	8,343	0.93	1,378	72.35	-
標準偏差	-	-	-	-	6.68	6.45	6.53	0.05	0.05	0.05	1,472	1,389	0.02	424	22.2	-
変動係数[%]	-	-	-	-	7.94	7.88	7.97	7.94	7.88	7.97	13.8	13.3	1.72	19.7	19.7	-

表 5-22 実験結果詳細一覧（ケヤキ・200℃）

試験体名	温度条件 [℃]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm <sup>3</sup> ]			ヤング係数[N/mm <sup>2</sup> ]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm <sup>2</sup> ]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
A15-2	200	20	20	320	89.51	86.56	86.67	0.70	0.68	0.68	10,870	10,590	0.97	2,457	129.0	0.78
A16-3	200	20	20	320	87.06	82.96	83.12	0.68	0.65	0.65	11,330	10,790	0.95	1,952	102.5	
A2-3	200	20	20	320	71.15	67.42	67.59	0.56	0.53	0.53	8,330	8,115	0.97	1,431	75.13	
A6-3	200	20	20	320	80.79	77.12	77.31	0.63	0.60	0.60	9,713	9,367	0.96	2,177	114.3	
A6-4	200	20	20	320	80.15	77.13	77.28	0.63	0.60	0.60	9,038	8,897	0.98	2,241	117.7	
A8-4	200	20	20	320	76.68	72.51	75.60	0.60	0.57	0.59	8,933	8,616	0.96	1,562	82.01	
B4-1	200	20	20	320	86.33	81.72	81.84	0.67	0.64	0.64	10,780	10,360	0.96	1,475	77.44	
C5-1	200	20	20	320	81.34	77.45	77.57	0.64	0.61	0.61	10,390	9,932	0.96	1,906	100.1	
C7-1	200	20	20	320	90.69	86.42	86.52	0.71	0.68	0.68	12,790	12,320	0.96	2,407	126.4	
C8-3	200	20	20	320	88.71	84.44	84.58	0.69	0.66	0.66	11,990	11,400	0.95	2,352	123.5	
D4-1	200	20	20	320	95.39	90.05	90.25	0.75	0.70	0.71	13,050	13,200	1.0	2,562	134.5	
D6-4	200	20	20	320	91.16	85.37	85.49	0.71	0.67	0.67	11,390	10,660	0.94	1,520	79.80	
D7-2	200	20	20	320	94.61	89.18	89.32	0.74	0.70	0.70	11,830	10,960	0.93	1,313	68.93	
F1-1	200	20	20	320	76.87	71.87	71.97	0.60	0.56	0.56	8,496	8,502	1.0	1,488	78.12	
F1-2	200	20	20	320	85.18	79.83	80.01	0.67	0.62	0.63	9,532	9,412	0.99	1,642	86.21	
平均値	-	-	-	-	85.04	80.67	81.01	0.66	0.63	0.63	10,564	10,208	0.97	1,899	99.70	-
最大値	-	-	-	-	95.39	90.05	90.25	0.75	0.70	0.71	13,050	13,200	1.0	2,562	134.5	-
最小値	-	-	-	-	71.15	67.42	67.59	0.56	0.53	0.53	8,330	8,115	0.93	1,313	68.93	-
標準偏差	-	-	-	-	7.03	6.69	6.47	0.05	0.05	0.05	1,518	1,441	0.02	435	22.8	-
変動係数[%]	-	-	-	-	8.27	8.29	7.99	8.27	8.29	7.99	14.4	14.1	2.35	22.9	22.9	-

表 5-23 実験結果詳細一覧（ケヤキ・250℃）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm³]			ヤング係数[N/mm²]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm²]	加熱冷却後 曲げ強さ 残存率
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)				
A11-3	250	20	20	320	83.08	—	70.92	0.65	—	0.55	10,830	9,652	0.89	987	51.82	0.43
A16-1	250	20	20	320	86.84	—	74.78	0.68	—	0.58	9,548	10,420	1.1	970	50.93	
A20-4	250	20	20	320	90.35	—	76.74	0.71	—	0.60	10,340	9,229	0.89	1,083	56.86	
A2-1	250	20	20	320	75.48	—	63.13	0.59	—	0.49	9,009	7,926	0.88	1,103	57.91	
A4-2	250	20	20	320	70.55	—	60.39	0.55	—	0.47	8,444	8,027	0.95	1,127	59.17	
B2-2	250	20	20	320	90.31	—	77.82	0.71	—	0.61	10,830	9,852	0.91	1,107	58.12	
B3-4	250	20	20	320	86.89	—	75.37	0.68	—	0.59	11,350	10,350	0.91	1,122	58.91	
B7-1	250	20	20	320	79.65	—	76.86	0.62	—	0.60	11,350	10,660	0.94	1,032	54.18	
C2-2	250	20	20	320	79.52	—	69.88	0.62	—	0.55	8,388	9,412	1.1	866	45.47	
C3-4	250	20	20	320	80.68	—	66.07	0.63	—	0.52	10,340	8,668	0.84	1,037	54.44	
C4-1	250	20	20	320	91.18	—	68.23	0.71	—	0.53	9,617	8,594	0.89	1,003	52.66	
D6-2	250	20	20	320	86.53	—	72.32	0.68	—	0.57	12,900	10,230	0.79	831	43.63	
D7-3	250	20	20	320	97.91	—	86.84	0.76	—	0.68	11,880	12,630	1.1	1,207	63.37	
D7-4	250	20	20	320	91.00	—	76.66	0.71	—	0.60	11,880	10,720	0.90	1,052	55.23	
G1-2	250	20	20	320	79.32	—	68.66	0.62	—	0.54	9,007	8,468	0.94	800	42.00	
H2-2	250	20	20	320	92.32	—	82.54	0.72	—	0.64	12,900	12,620	0.98	1,517	79.64	
平均値	—	—	—	—	85.10	—	72.95	0.66	—	0.57	10,538	9,841	0.94	1,053	55.27	—
最大値	—	—	—	—	97.91	—	86.84	0.76	—	0.68	12,900	12,630	1.1	1,517	79.64	—
最小値	—	—	—	—	70.55	—	60.39	0.55	—	0.47	8,388	7,926	0.79	800	42.00	—
標準偏差	—	—	—	—	7.18	—	6.92	0.06	—	0.05	1,457	1,416	0.09	167	8.77	—
変動係数[%]	—	—	—	—	8.44	—	9.48	8.44	—	9.48	13.8	14.4	9.47	15.9	15.9	—

表 5-24 実験結果詳細一覧（ケヤキ・急冷）

試験体名	温度条件 [°C]	寸法[mm]			質量[g]			密度[g/cm³]			ヤング係数[N/mm²]		加熱冷却後 ヤング係数 残存率	最大 試験荷重 [N]	曲げ強さ [N/mm²]
		幅	せい	長さ	加熱前	加熱直後	試験時	加熱前	加熱直後	試験時	非破壊 (常温時)	破壊 (加熱冷却後)			
F1-4	150	20	20	320	80.67	78.39	78.61	0.63	0.61	0.61	9,090	8,947	0.98	2,205	115.8
C1-4	150	20	20	320	73.63	71.42	71.60	0.58	0.56	0.56	7,704	7,700	1.0	1,791	94.03
C2-1	150	20	20	320	75.19	72.89	73.60	0.59	0.57	0.58	7,549	7,179	0.95	1,781	93.50
G2-3	200	20	20	320	82.39	78.56	79.21	0.64	0.61	0.62	10,300	10,280	1.0	2,238	117.5
B7-2	200	20	20	320	93.10	88.71	89.22	0.73	0.69	0.70	14,050	13,370	0.95	2,992	157.1
C1-2	200	20	20	320	76.49	71.81	72.15	0.60	0.56	0.56	6,939	6,439	0.93	1,097	57.59
C5-4	250	20	20	320	89.55	—	80.87	0.70	—	0.63	14,000	15,230	1.1	1,947	102.2
D3-3	250	20	20	320	91.66	—	81.97	0.72	—	0.64	13,730	13,230	0.96	1,757	92.24

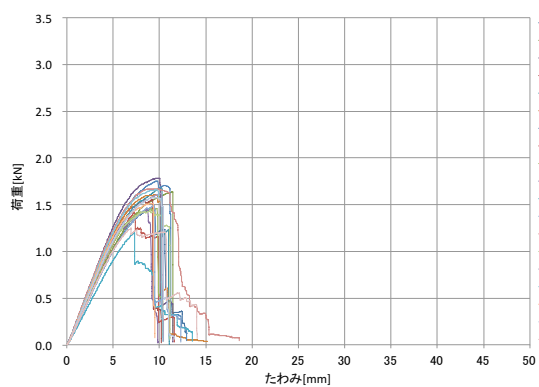


図 5-1 荷重-たわみ関係（スギ・常温）

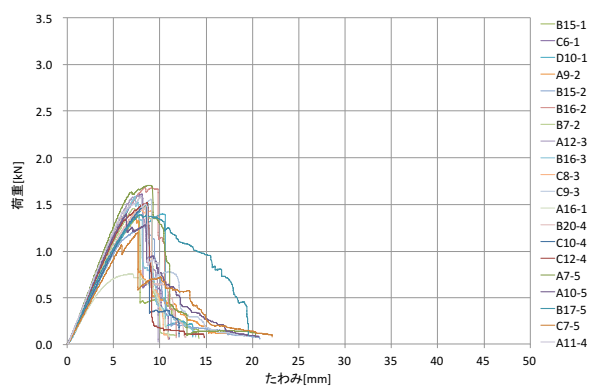


図 5-4 荷重-たわみ関係（スギ・200℃）

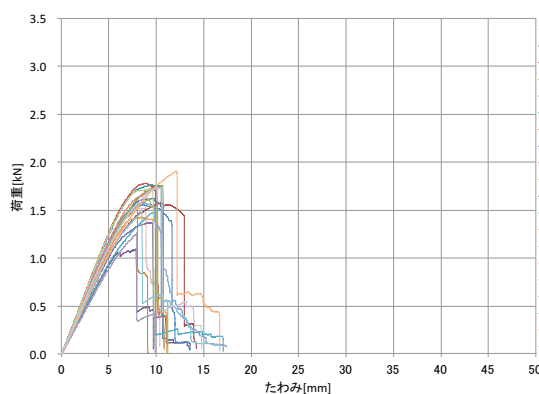


図 5-2 荷重-たわみ関係（スギ・100℃）

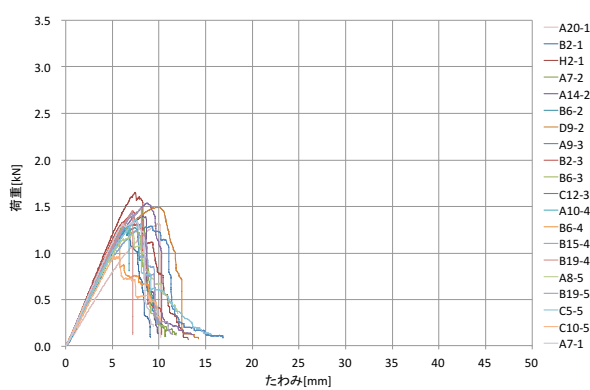


図 5-5 荷重-たわみ関係（スギ・230℃）

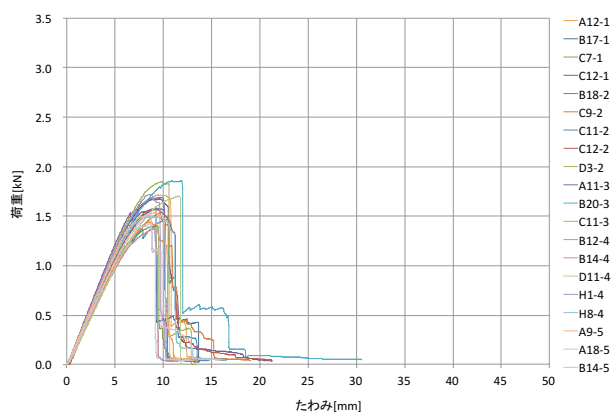


図 5-3 荷重-たわみ関係（スギ・150℃）

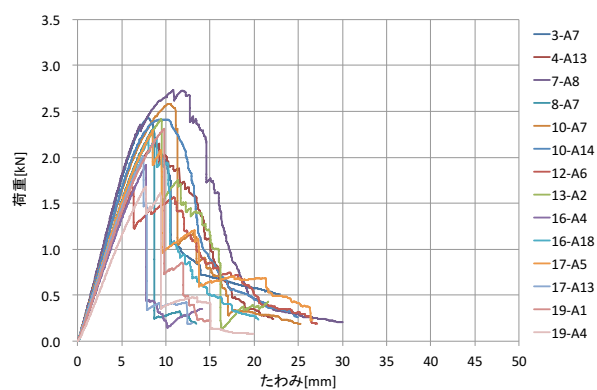


図 5-6 荷重-たわみ関係（カラマツ・常温）

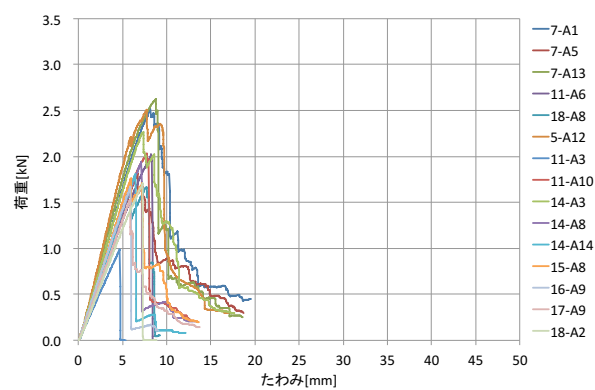


図 5-9 荷重-たわみ関係（カラマツ・200℃）

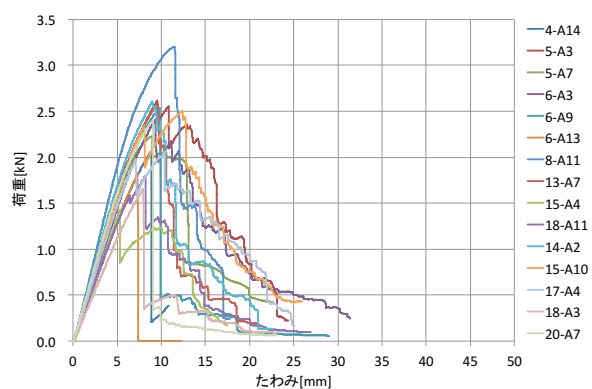


図 5-7 荷重-たわみ関係（カラマツ・100℃）

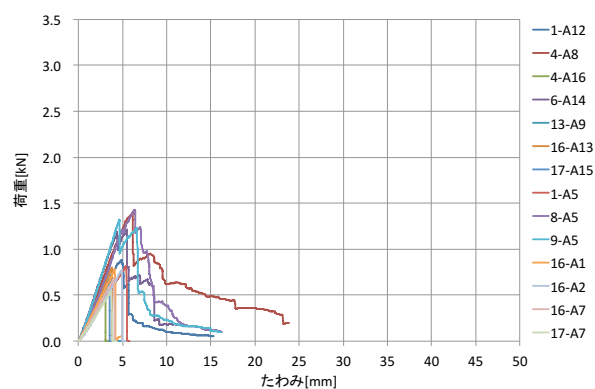


図 5-10 荷重-たわみ関係（カラマツ・250℃）

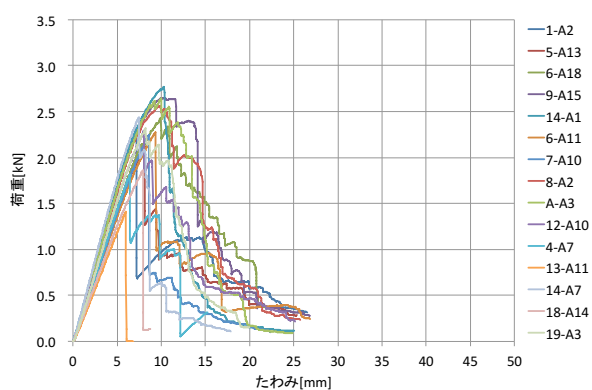


図 5-8 荷重-たわみ関係（カラマツ・150℃）

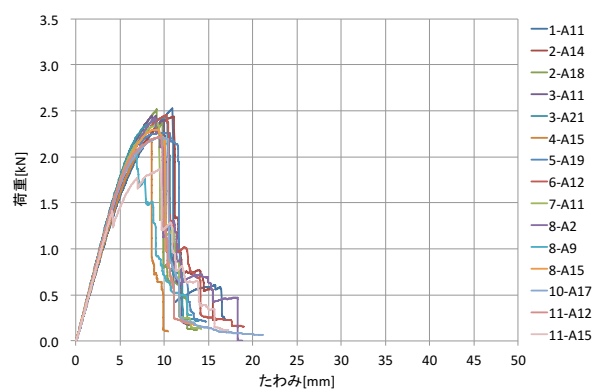


図 5-11 荷重-たわみ関係（ベイマツ・常温）

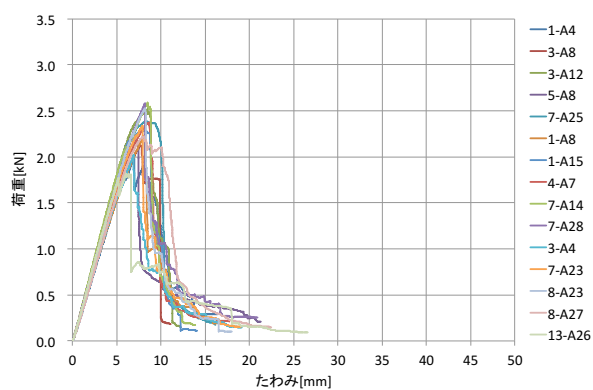


図 5-14 荷重-たわみ関係（ベイマツ・200℃）

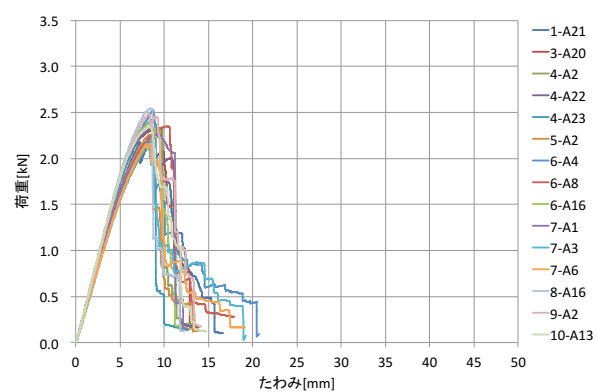


図 5-12 荷重-たわみ関係（ベイマツ・100℃）

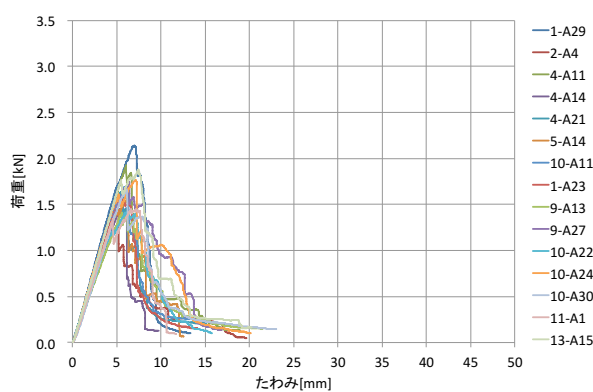


図 5-15 荷重-たわみ関係（ベイマツ・250℃）

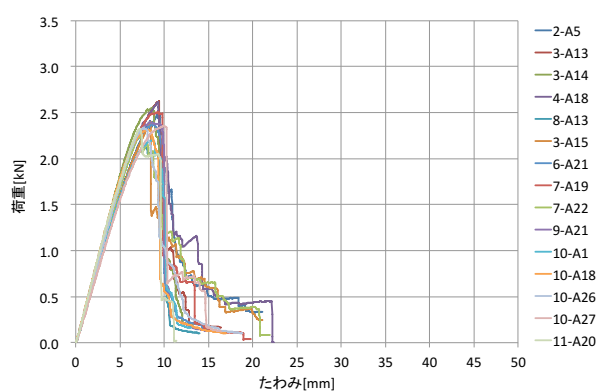


図 5-13 荷重-たわみ関係（ベイマツ・150℃）



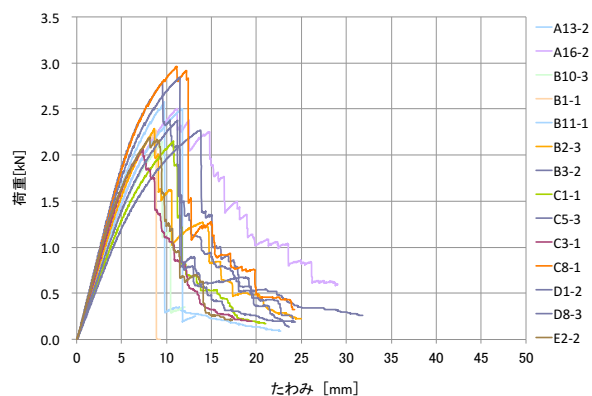


図 5-16 荷重-たわみ関係 (ケヤキ・常温)

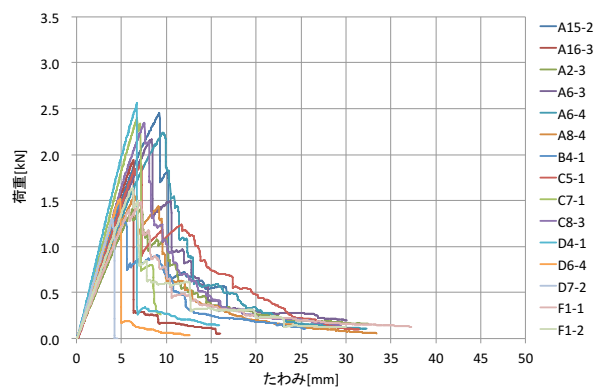


図 5-19 荷重-たわみ関係 (ケヤキ・200℃)

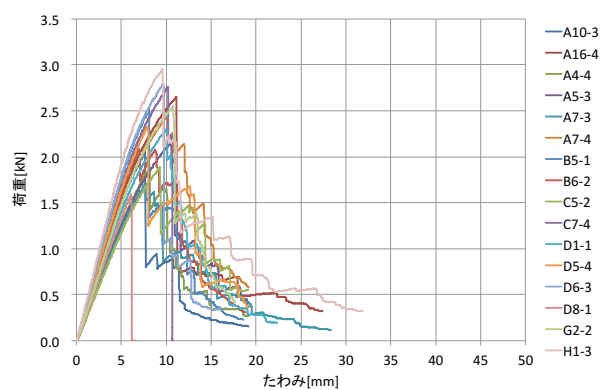


図 5-17 荷重-たわみ関係 (ケヤキ・100℃)

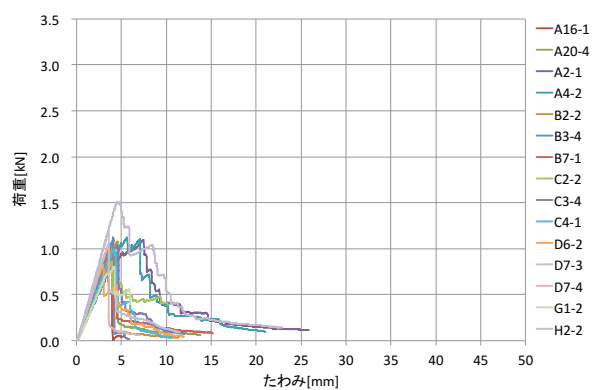


図 5-20 荷重-たわみ関係 (ケヤキ・250℃)

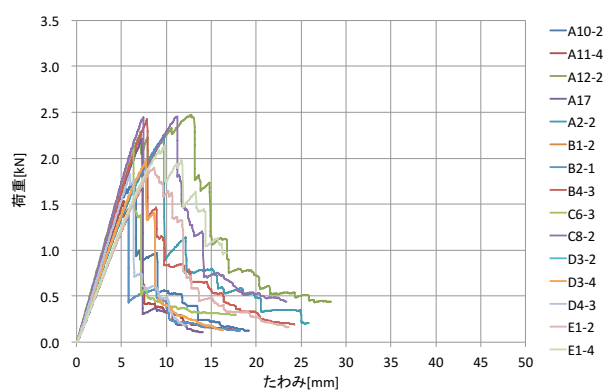


図 5-18 荷重-たわみ関係 (ケヤキ・150℃)



研究業績書

---

List of Research Achievements



## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名 加來 千紘 印

(2017 年 12 月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論 文	<p>(○印は、本論文を担う主要な業績を示す。)</p> <p>○ 含水率が火災加熱を受ける木材の力学的性能へ及ぼす影響 -多様な含水率状態におけるスギ及びケヤキの高温時ヤング係数・曲げ強度の測定-, 日本建築学会構造系論文集 第 82 巻 第 732 号 pp.299~308, 2017 年 2 月, 加來千紘・長谷見雄二・上川大輔・鈴木達朗・安井昇・腰原幹雄・長尾博文</p> <p>○ 火災加熱が木材の力学的性能に及ぼす影響 -加熱した針葉樹材及び広葉樹材の高温時及び加熱冷却後のヤング係数・曲げ強度の測定-, 日本建築学会構造系論文集 第 79 巻 第 701 号 pp.1065~1072, 2014 年 7 月, 加來千紘・長谷見雄二・安井昇・保川みずほ・上川大輔・亀山直央・小野徹郎・腰原幹雄・長尾博文</p>
講 演 (発表)	<p>・ INFLUENCE OF WATER CONTENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD EXPOSED TO FIRE -Young's modulus and bending strength of Cryptomeria Japonica and Zelkova serrate under various water-containing states at elevated temperature-, 14<sup>th</sup> World Conference on Timber Engineering (世界木質構造会議 2016)・研究発表, 2016 年 8 月, Chihiro KAKU・Yuji HASEMI・Daisuke KAMIKAWA・Tatsuro SUZUKI・Noboru YASUI・Mikio KOSHIHARA・Hirofumi NAGAO</p> <p>・ 木材の含水率が高温時の力学的性能に及ぼす影響 (その 2)広葉樹材(ケヤキ)の高温時ヤング係数・曲げ強度の把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.121-122, 2015 年 9 月, 加來千紘・鈴木達朗・長谷見雄二・上川大輔・安井昇・亀山直央・腰原幹雄・長尾博文</p> <p>・ INFLUENCE OF WATER CONTENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD UNDER HEATING, 10<sup>th</sup> Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology (アジアオセアニア火災科学技術シンポジウム 2015)・ポスター発表, 2015 年 8 月, Chihiro KAKU・Tatsuro SUZUKI・Yuji HASEMI・Daisuke KAMIKAWA・Noboru YASUI・Naohisa KAMEYAMA・Mikio KOSHIHARA・Hirofumi NAGAO</p> <p>・ 木造 3 階建て学校の実大火災実験(本実験)(その 22)実験後の軸組材の残存・炭化状況, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.327-328, 2014 年 9 月, 加來千紘・板垣直行・渥美良紀・石山智・長谷見雄二・安井昇・成瀬友宏・萩原一郎</p> <p>・ INFLUENCE OF FIRE EXPOSURE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD -Exposure temperature dependence of Young's modulus and bending strength of Cryptomeria Japonica, Larix leptolepis, Pseudotsuga menziesii and Zelkova serrate under and after heating-, 13<sup>th</sup> World Conference on Timber Engineering (世界木質構造会議 2014)・ポスター発表, 2014 年 8 月, Chihiro KAKU・Yuji HASEMI・Noboru YASUI・Mizuho YASUKAWA・Daisuke KAMIKAWA・Naohisa KAMIKAWA・Testuro ONO・Mikio KOSHIHARA・Hirofumi NAGAO</p> <p>・ 木造 3 階建て学校の実大火災実験(準備実験)(その 21)実験後の軸組材の残存・炭化状況, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.203-204, 2013 年 8 月, 加來千紘・板垣直行・石山智・赤根健司・長谷見雄二・安井昇・成瀬友宏・萩原一郎</p> <p>・ 火災後の部材の継続的使用を前提とした大規模木造建築の防耐火計画法 柱の火害診断方法及び改修方法の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.323-326, 2012 年 9 月, 加來千紘・長谷見雄二・安井昇・保川みずほ・鈴木あさ美・上川大輔・亀山直央・小野徹郎・腰原幹雄・長尾博文・萩原一郎・遊佐秀逸</p>

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
講 演 (連名)	<ul style="list-style-type: none"> <li>木材の含水率が高温時の力学的性能に及ぼす影響 (その 3)カラマツ及びベイマツの高温時ヤング係数・曲げ強度の把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.333-334, 2017 年 7 月, 渡辺秀太・鈴木達朗・長谷見雄二・上川大輔・加來千紘・安井昇・宮本康太</li> <li>木材の含水率が高温時の力学的性能に及ぼす影響 (その 1)針葉樹材(スギ)の高温時ヤング係数・曲げ強度の把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.135-138, 2015 年 9 月, 鈴木達朗・加來千紘・長谷見雄二・上川大輔・安井昇・亀山直央・腰原幹雄・長尾博文</li> </ul>
その他 (博士論文に直接関係ない講演)	<ul style="list-style-type: none"> <li>メンブレン防火被覆型木質耐火構造の加熱実験 その 1 要求耐火性能と間仕切壁の加熱実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.319-320, 2017 年 7 月, 安井昇・鈴木淳一・加來千紘・水上点晴・成瀬友宏・長谷見雄二</li> <li>メンブレン防火被覆型木質耐火構造の加熱実験 その 2 被覆仕様の異なる外壁の載荷加熱実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.321-322, 2017 年 7 月, 加來千紘・安井昇・鈴木淳一・水上点晴・成瀬友宏・長谷見雄二</li> <li>メンブレン防火被覆型木質耐火構造の加熱実験 その 3 非石膏ボード系仕上げの防火被覆, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.323-324, 2017 年 7 月, 鈴木淳一・水上点晴・成瀬友宏・安井昇・加來千紘</li> <li>火災時の木質部材断面における水分移動状況の把握と力学的性能への影響評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.353-356, 2017 年 7 月, 鈴木達朗・上川大輔・安井昇・長谷見雄二・加來千紘・遠藤智紀・渡辺秀太・鈴木淳一</li> <li>小型木質梁の加熱実験による載荷加熱した実大梁の内部温度分布の推定可能性, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.329-330, 2017 年 7 月, 遠藤智紀・安井昇・鈴木淳一・加來千紘・長谷見雄二・鈴木達朗</li> <li>片面塗り木造土壁の屋内側からの補強による非損傷性能向上に関する研究 その 1 載荷加熱実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.325-326, 2017 年 7 月, 足立絵梨・菊池大悟郎・長谷見雄二・安井昇・木村忠紀・加來千紘</li> <li>片面塗り木造土壁の屋内側からの補強による非損傷性能向上に関する研究 その 2 補強柱の非損傷性予測手法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.327-328, 2017 年 7 月, 菊池大悟郎・足立絵梨・長谷見雄二・安井昇・木村忠紀・加來千紘</li> <li>メンブレン防火被覆型木質耐火構造の加熱実験 第 4 報 床の加熱実験, 日本建築学会北海道支部研究報告集, pp.333-336, 2017 年 6 月, 水上点晴・鈴木淳一・成瀬友宏・安井昇・加來千紘・小國勝男・岩崎秀幸</li> <li>メンブレン防火被覆型木質耐火構造の加熱実験 その 5 柱・梁の出隅や変形等の影響, 日本建築学会北海道支部研究報告集, pp.337-340, 2017 年 6 月, 鈴木淳一・水上点晴・成瀬友宏・安井昇・加來千紘・小國勝男・岩崎秀幸</li> <li>メンブレン防火被覆型木質耐火構造の加熱実験 第 6 報 屋根及び階段の加熱実験, 日本建築学会北海道支部研究報告集, pp.341-344, 2017 年 6 月, 加來千紘・安井昇・鈴木淳一・成瀬友宏・水上点晴・小國勝男・岩崎秀幸</li> <li>Charring behavior of structural timber elements in full-scale fire tests of three story timber school buildings, 14<sup>th</sup> World Conference on Timber Engineering (世界木質構造会議 2016)・研究発表, 2016 年 8 月, Jun-ichi SUZUKI・Chihiro KAKU・Tomohiro NARUSE・Koji KAGIYA・Noboru YASUI・Naoyuki ITAGAKI・Jun-ichi IZUMI, Mariko SEKI, Teruhiko KAKU, Yuji HASEMI</li> </ul>

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 火災加熱される木質部材内部の水分移動計測手法の開発研究,日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.19-20, 2016 年 8 月, 鈴木達朗・加來千紘・上川大輔・安井昇・長谷見雄二・鈴木淳一</li> <li>・ スパンの異なる木質床部材における防耐火性能予測に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.11-14, 2016 年 8 月, 遠藤智紀・安井昇・鈴木淳一・加來千紘・長谷見雄二・鈴木達朗</li> <li>・ 木材仕上げ大壁の準耐火構造の開発 その 1 断面構成の異なる壁の性能比較実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.31-32, 2016 年 8 月, 青木哲也・安井昇・加來千紘・功刀友輔・山田誠</li> <li>・ 木材仕上げ大壁の準耐火構造の開発 その 2 木仕上げ外壁・間仕切壁の載荷加熱実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.33-34, 2016 年 8 月, 功刀友輔・安井昇・加來千紘・青木哲也・山田誠</li> <li>・ 損傷の激しい木造土壁の防耐火性能 水平加力後の木造土壁の防耐火性能に関する研究 その 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.15-18, 2016 年 8 月, 菊池大悟郎・安井昇・高橋蓮・佐藤章・長谷見雄二・加來千紘</li> <li>・ 防火被覆による木質部材の炭化抑制効果に関する研究 その 2 被覆により削減可能な燃えしろ寸法の小型比較実験による把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.65-66, 2016 年 8 月, 高山哲大・安井昇・長谷見雄二・水上点晴・鈴木淳一・成瀬友宏・宮林正幸・塩崎征男・李元羽・加來千紘</li> <li>・ 防火被覆による木質部材の炭化抑制効果に関する研究 その 9 木材を被覆した集成材はりの加熱実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.79-80, 2016 年 8 月, 宮林正幸・長谷見雄二・安井昇・成瀬友宏・鈴木淳一・遊佐秀逸・佐川修・加來千紘</li> <li>・ 防火被覆による木質部材の炭化抑制効果に関する研究 その 10 木材被覆による集成材柱の載荷加熱実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.81-82, 2016 年 8 月, 佐川修・長谷見雄二・安井昇・成瀬友宏・鈴木淳一・宮林正幸・遊佐秀逸・加來千紘</li> <li>・ 準防火地域内の木材あらかし防火構造・準耐火構造の住宅, 日本建築学会大会建築デザイン, pp.322-323 2016 年 8 月, 安井昇・加來千紘</li> <li>・ 1 時間準耐火性能を有する木製複合柱・はりの開発 (その 1)住宅用小中断面集成材による合わせ梁・組み立て梁の加熱実験, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.709-712, 2016 年 3 月, 野本浩平・照井清貴・鶴田純一・中島紀明・安井昇・加來千紘</li> <li>・ 1 時間準耐火性能を有する木製複合柱・はりの開発 (その 2)住宅用小中断面集成材による合わせ柱の加熱実験, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.713-716, 2016 年 3 月, 鶴田純一・照井清貴・野本浩平・中島紀明・安井昇・加來千紘</li> <li>・ CLT パネルを用いた建築物の防耐火技術の開発 (その 8)CLT パネルの壁貫通部の耐火性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.165-166, 2015 年 9 月, 安井昇・原田浩司・成瀬友宏・鈴木淳一・加來千紘・高田峰幸・河合誠・長谷見雄二</li> <li>・ CLT パネルを用いた建築物の防耐火技術の開発 その 10 CLT 突合せ部の準耐火性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), pp.169-170, 2015 年 9 月, 原田浩司・長谷見雄二・安井昇・加來千紘・鈴木淳一・成瀬友宏・水上点晴・関真理子・河合誠</li> </ul>
	その他 8 件

